

Тема роботи:
«Обґрунтування раціональних параметрів шахтних осьових
вентиляторів головного провітрювання з покращеною стабільністю
характеристик»

Виконав: магістрант групи ГМО-24-1м _____ О.С.Щербатов

Керівник випускної роботи: доц., канд.тех.наук _____
А.О.Хруцький

ВСТУП

Вентиляція гірничорудних шахт Криворіжжя одна з головних умов безпечної їх експлуатації, для цього потрібно сучасне обладнання для головного провітрювання шахт, а саме шахтні вентилятори.

Обладнання має бути високопродуктивним, надійним, забезпечувати потреби в чистому повітрі в умовах експлуатації, що змінюються, з можливістю регулювання режимів роботи, мінімальними витратами на обслуговування та виготовлення, значним терміном служби. Це досягається застосуванням сучасних матеріалів, технологій виготовлення, покращення конструкцій існуючого обладнання.

Для забезпечення ефективного та економічного провітрювання шахт використовуються вентилятори головного провітрювання різних конструкцій.

При невеликих тисках (до 350 даПа) найкраще працюють осьові вентилятори головного провітрювання. Вони мають високий коефіцієнт корисної дії та продуктивність при цих режимах експлуатації. Але сідлоподібна форма аеродинамічної характеристики створює передумови для нестійкої роботи.

Найбільший к.п.д. вентилятора знаходиться у великих кутах установки лопаток. При таких режимах завжди виникатиме зрив, що обертається.

Зрив виникає при певних режимах роботи обладнання, що залежить від проточної частини вентилятора, геометричних розмірів та конструкції лопаток робочого колеса. Зрив, що обертається, веде до порушення сталої роботи осьового вентилятора.

Тому постійно проводяться дослідження, пропонуються конструкторські покращення, заходи, оформлюються патенти на запобігання нестійким режимам роботи осьових вентиляторів.

Актуальне науково-технічне завдання магістерської роботи – дослідити вплив конструктивних особливостей осьового вентилятора на аеродинамічну характеристику і запропонувати методи покращення базової конструкції.

Метою роботи є покращення стабільності аеродинамічної характеристики та збільшення ККД осьового вентилятора, за рахунок удосконалення конструкції його вузлів.

Об'єкт досліджень – процес регулювання потоку повітря в робочому колесі осьового вентилятора головного провітрювання.

Предмет дослідження – вплив параметрів базової конструкції та сучасних конструкторських рішень на стабільність аеродинамічної характеристики та плавність роботи при експлуатації.

Наукові положення

1. Розкрито закономірності зміни параметрів потоку повітря в осьовому вентиляторі.
2. Виявлені фактори, які впливають на нестійкі режими роботи та розрив характеристики осьових вентиляторів.
3. Виявлено доцільність впровадження противозривних пристроїв в конструкцію осьових вентиляторів.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ

1.1. Опис та характеристика технологічного процесу

При проведенні гірничодобувних робіт у підземних виробках склад повітря змінюється, повітря втрачає частину кисню і насичується шкідливими газами. При збільшенні глибини шахт підвищується температура повітря в ній.

Для безпечної роботи людей у шахтах, усунення шкідливого впливу забрудненого повітря на організм людини необхідно видаляти забруднене повітря і подавати в шахти свіже.

Це здійснюється вентиляторними установками. Їхнє основне призначення – подача свіжого повітря у необхідній кількості для нормального вмісту кисню в атмосфері шахти.

Вентиляторна установка головного провітрювання складається з вентиляторів: основного та резервного, машинного приміщення, ляд, каналів, шиберів. Ляди потрібні у разі зміни напрямку потоку повітря для реверсування тяги.

Вентиляція мереж - одна з головних умов безпечної експлуатації шахт. Шахтний вентилятор забезпечує свіже повітря і виконує повітрообмін при видобутку руди.

При провітрюванні шахт система через яку переміщається повітря отримала назву мережа. Мережа – це сукупність підземних виробок у шахті. Виробітки мають різний поперечний переріз, форму, шорсткість стінок, довжину. Все це впливає на аеродинамічний опір мережі. При переміщенні по мережі повітря будуть втрати тиску, які становлять опір мережі. Воно складається із втрат на тертя, на удар, на вихроутворення тощо. Для підтримки необхідної витрати повітря в мережі, вентилятор повинен розвивати тиск, що дорівнює тиску опору мережі.

Мережа може бути розташована на стороні всмоктування чи нагнітання вентилятора.

Повний тиск, який створює вентилятор, - це різниця повних тисків за вентилятором і на вході.

За допомогою вентилятора досягається подача необхідної кількості повітря в шахту та стійка вентиляція. Вентилятор застосовується для

переміщення повітря із зони з низьким тиском у середовище з вищим тиском.

У вентиляційній мережі в процесі експлуатації шахти можуть змінюватися параметри, що впливають на аеродинаміку: швидкість подачі повітря, його кількість.

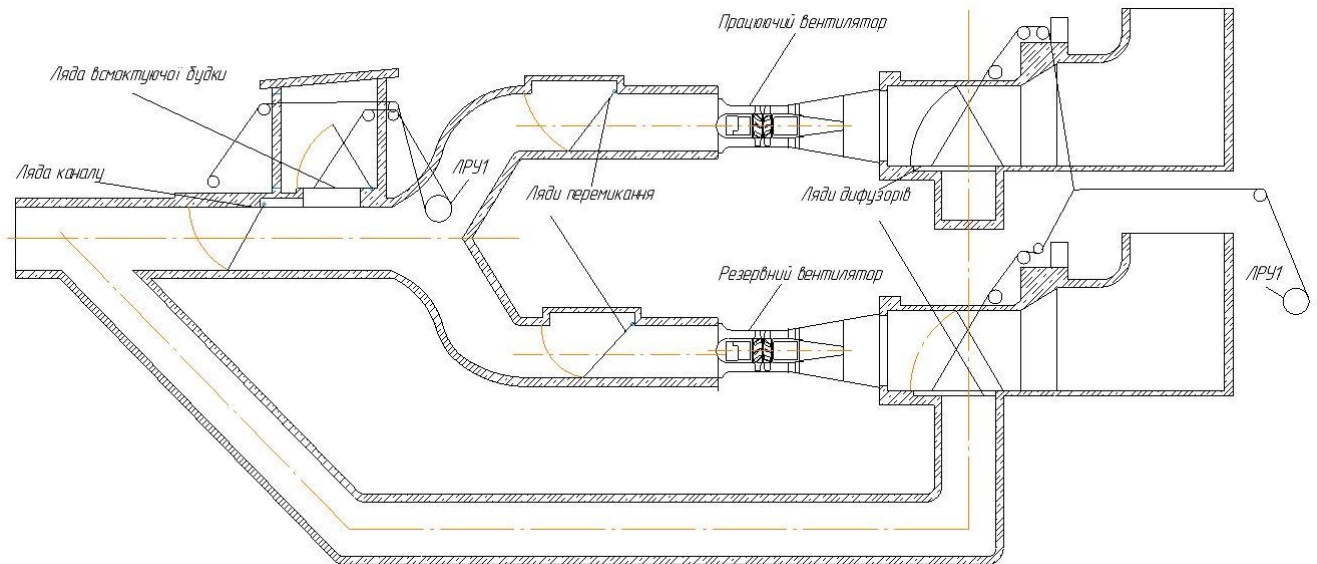


Рис. 1.1- Схема типової вентиляторної установки. [6]

Витяжна вентиляція видаляє забруднене повітря з шахти, а при вентиляції припливу, вентилятор нагнітає свіже повітря. Щоб повітря рухалося по мережі, необхідно різниця тисків. Витрата – це кількість повітря, що переміщується по мережі в одиницю часу. Між витратою та перепадом тиску існує залежність.

1.2. Умови експлуатації вентиляторів головного провітрювання

Вентилятори головного провітрювання працюють в атмосферних умовах при запиленості до 150 мг/м³, температурі повітря, яке переміщують від 228 до 323 К, відносній вологості до 98 відсотків та висоті до 1000м над рівнем моря. Атмосферне повітря, тобто повітря поверхні землі містить водяну пару. Питома та об'ємна вага повітря змінюється при зміні температури, тиску та вологості.

До складу рудничного повітря крім атмосферного входить окис вуглецю, сірководень, метан та ін.

Руднична пил є дрібні частки породи діаметром 0,0001-0,1 мм.

1.3. Аналіз обладнання, що може бути використано у таких умовах

У кожному конкретному випадку вибирають конструкцію та характеристики вентилятора, який використовуватиметься.

Шахтні вентилятори за призначенням бувають: вентилятори головного провітрювання, допоміжні та місцевого провітрювання.

Існують відцентрові та осьові вентилятори за принципом дії та характером руху повітря. За конструкцією вони відносяться до лопаточних вентиляторів.

Головні складові відцентрового вентилятора (Рис.1.2):

- 1 - робоче колесо, яке передає енергію від електродвигуна повітря, що переміщається,
- 2 - рауликоподібний кожух, подає повітря у певному напрямку та частково перетворює динамічний тиск у статичний,
- 3 - напрямний апарат, подає повітря під певним кутом до робочого колеса,
- 4 - вхідний патрубок,
- 5 - дифузور, додатково перетворює динамічний тиск у потоці на статичне,
- 6 - вихідний патрубок.

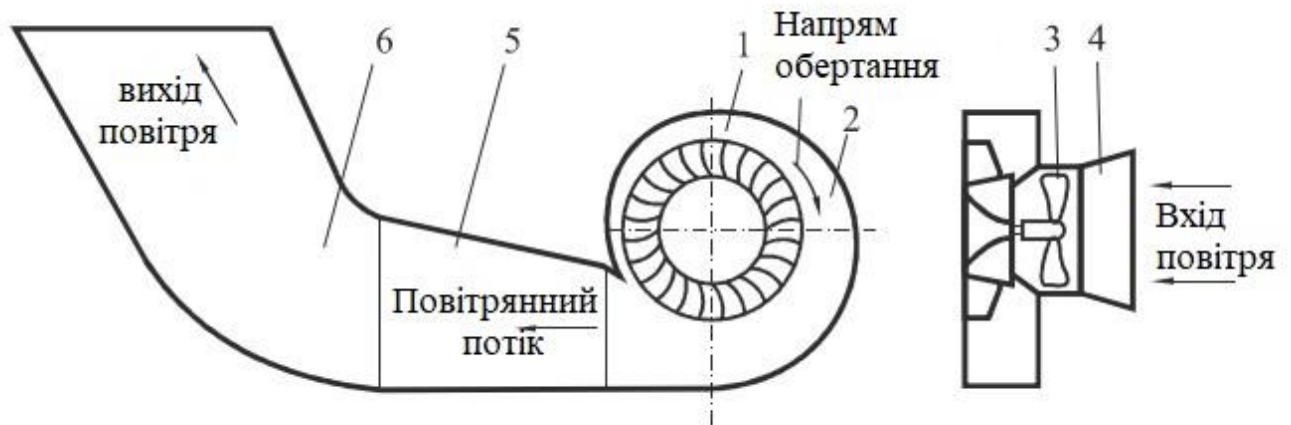


Рис.1.2 - Схема шахтного відцентрового вентилятора [2]

Відцентрові вентилятори виконуються з одностороннім та двостороннім всмоктуванням. В останньому випадку робоче колесо вентилятора - спарене. Це підвищує продуктивність вентилятора.

Потік повітря через вхідний патрубок та направляючий апарат прямує до робочого колеса, де повертається на 90 градусів з осьового в радіальний

напрямок. Завдяки дії відцентрової сили та тиску лопаток потік потрапляє в кожух, надходить в атмосферу через дифузор і вихідний патрубок або в мережу нагнітання.

Основні вузли осьового вентилятора:

- 1 – робоче колесо
- 2- профільними лопатками
- 3 – циліндричний корпус
- 4 – колектор
- 5 – кок
- 6 - спрямовуючий апарат з нерухомими лопатками
- 7 – дифузор

Робоче колесо встановлюється на валу із підшипниками.

При обертанні робоче колесо за допомогою профільних лопаток передає енергію електроприводу повітрю, що переміщується по мережі. Якщо лопатки мають симетричний профіль, осьові вентилятори є реверсивними, продуктивність зберігається, коли робоче колесо обертається у зворотний бік. Продуктивність різко зменшується якщо на реверсі працюють вентилятори з несиметричним профілем лопаток.

Напрямок руху потоку повітря в осьових вентиляторах збігається з віссю обертання ротора. За конструкцією можуть бути одноступінчасті та двоступінчасті вентилятори. Кожен ступінь має своє робоче колесо, і вони розташовані послідовно.

У двоступінчастих вентиляторах між колесами - напрямний апарат, а апарат, що спрямовує, встановлюється після другого робочого колеса. Двоступінчасті вентилятори розвивають більш високий тиск.

На робочі колеса осьового вентилятора встановлюється 8-20 профільних лопаток. Діаметри втулок робочих коліс приймають від 0,3 до 0,7 зовнішнього діаметра колеса. Зазор між обічайкою корпусу ВОД та лопаткою не перевищує 1,5 відсотка довжини лопатки. Змінюючи кут установки лопаток робочого колеса та напрямного апарату відбувається регулювання продуктивності вентилятора.

Аеродинамічна характеристика вентилятора – це залежність повного тиску p_v , потужності на валу робочого колеса N та к.к.д. від продуктивності Q .

Аеродинамічні характеристики залежать від типу, конструкції та принципів роботи вентиляторів.

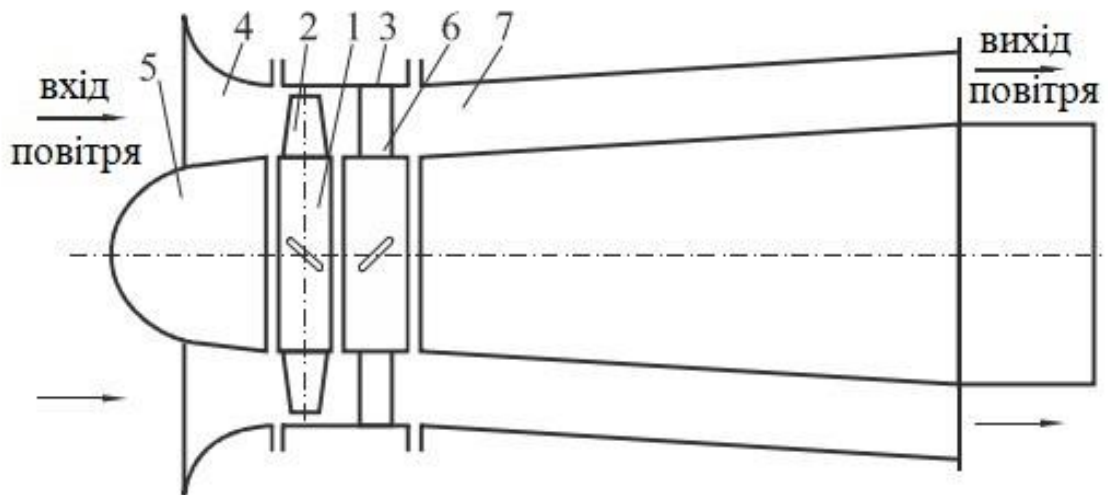


Рис.1.3 - Схема шахтного осевого вентилятора[2]

Характеристика радіального вентилятора обумовлена формою лопаток, вони можуть бути загнутими вперед і назад або прямими.

Характеристики осевих вентиляторів та відцентрових вентиляторів суттєво відрізняються один від одного. У осевих вентиляторів вона має сидлоподібну форму. При низькій продуктивності відбувається зменшення тиску за рахунок зниження підйомної сили лопаток робочого колеса. Тому ліва гілка графіка неробоча, а права робоча. На лівій гілці можуть виникати помпаж, зривні зони, які призводять до виникнення вібрацій та змінних навантажень на лопасті робочого колеса.

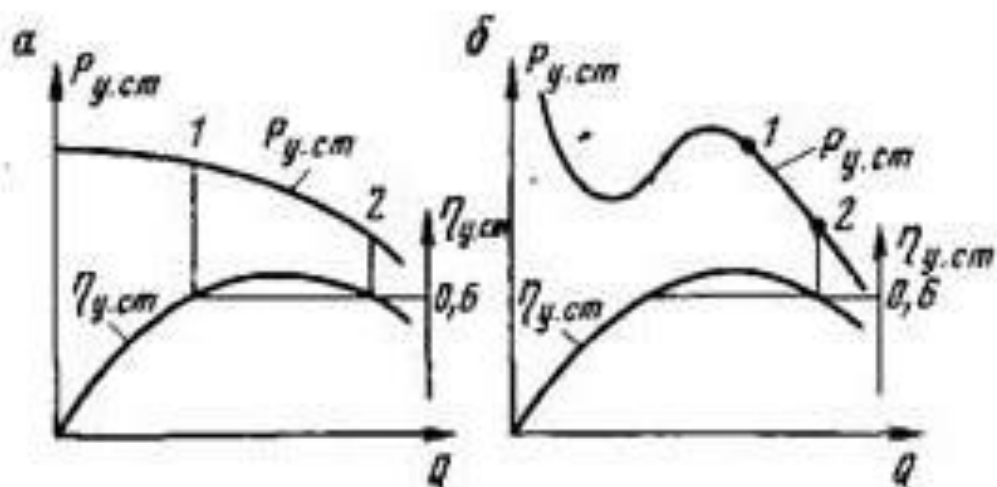


Рис. 1.4 - Характеристики установок з відцентровим (а) та осевим (б) вентилятором.

Повітря під час руху вентиляційними каналами зустрічає опір через тертя частинок повітря друг об друга, тертям повітря об стінки вироблення, змінний переріз виробок, їх повороти, завихрення.

Депресія створювана у всмоктувальному патрубку вентилятора є різницею між атмосферним тиском на поверхні шахти і тиском у всмоктувальному патрубку. Ця депресія потрібна для проходження необхідної кількості повітря через вентиляційні канали шахти.

Депресія вентилятора h складається з трьох складових: напір на подолання опору шахтної мережі, напір на подолання опору самого вентилятора, створення швидкісного напір на виході повітря.

Коефіцієнтом корисної дії є відношення корисної потужності вентилятора Q до потужності на валу N .

$$\text{к. к. д.} = \frac{Qh}{102} : N \quad (1.1)$$

При депресії 1500 Па найкраще працюють осьові вентилятори, при депресії в межах 1500-3000 Па застосовують відцентрові та осьові, відцентрові вентилятори набули поширення коли депресія більше 3000 Па.

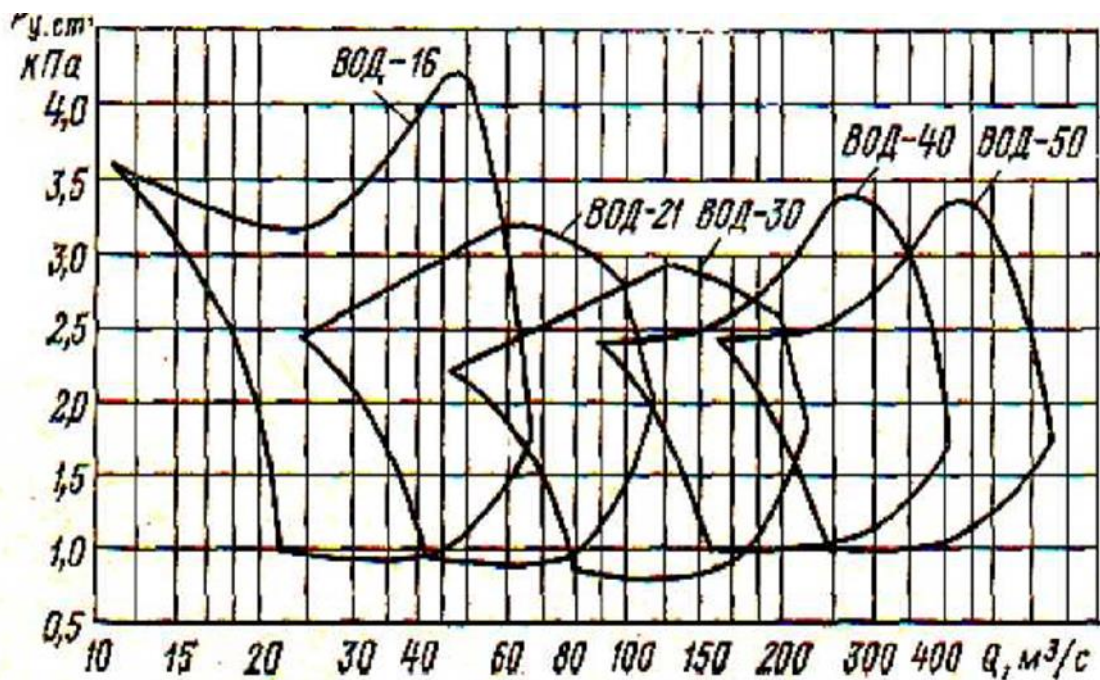


Рис.1.5 - Графік областей промислового використання осьових вентиляторів ВОД та поле режимів вентиляції шахт, що покривається ними. [6]

Вибір вентилятора виконується з урахуванням графіків областей промислового використання. Висока ефективність та стійка робота вентилятора в тому випадку, коли всі режими роботи знаходяться в області промислового використання.

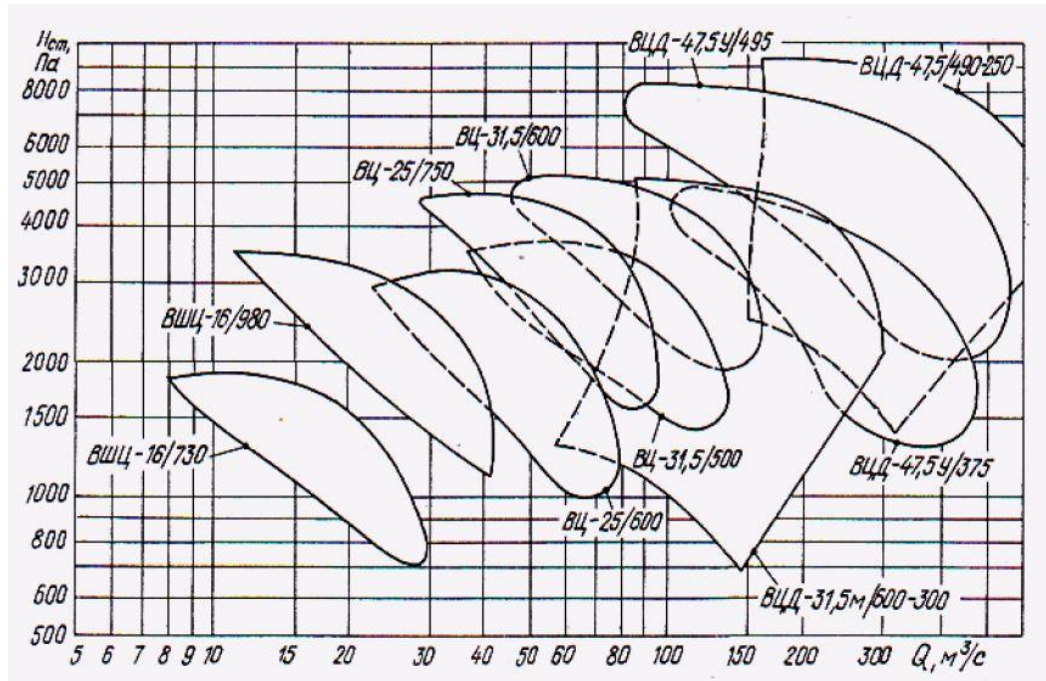


Рис.1.6 - Графік областей промислового використання відцентрових вентиляторів головного провітрювання. [6]

При виборі вентилятора враховується термін служби обладнання, резерв продуктивності не менше 20 відсотків від розрахункового, витрати на обслуговування, технічні та соціальні фактори, розміри, енергопостачання, шумність, прив'язка до промислового майданчика шахти.

Вибирають вентилятор з меншим діаметром робочого колеса, з більшим коефіцієнтом корисної дії, з меншим кутом повороту лопаток, з плавним регулюванням швидкості обертання та мінімальною вартістю.

Переваги вентиляторів осьового типу:

- високий коефіцієнт корисної дії та продуктивність;
- відносна простота конструкції порівняно з відцентровими;
- під час реверсування повітря не потрібні додаткові канали;
- найменші габарити і маса при значних продуктивностях, вищий внутрішній ккд.
- відносно прості монтажні роботи, потрібні менші площі промайданчиків шахт;

Недоліки осьових вентиляторів:

- сідлоподібна форма характеристики, це створює передумови для нестійкої роботи;
- сильний шум під час роботи зі швидкостями 90м/с і більше;
- підшипники ротора недоступні для огляду, що призводить до зниження надійності;
- необхідність точного балансування ротора.

У відцентрових вентиляторів відсутні ці недоліки.

До переваг відцентрових вентиляторів головного провітрювання шахт відноситься:

- висока надійність обладнання;
- устаткування має великий термін служби;
- робочі колеса працюють за більш низьких швидкостях ніж у осьових;
- досить великий діапазон регулювання режимів;
- менші показники шуму;
- монтаж вентилятора виконують під необхідним кутом щодо майданчика;
- мінімальні пускові струми;
- окружні швидкості робочих коліс до 125м/с.
- більші напори ніж в осьових.

Для відцентрових вентиляторів потрібне встановлення редуктора, так як виходить низька частота обертання робочих коліс при великих подачах і малих напорах.

Радіальні вентилятори використовують коли необхідний високий тиск. Високий рівень тиску неможливо створити в осьовому потоці, його створюють відцентрові сили у відцентрових вентиляторах.

Осьові вентилятори доцільно використовувати при порівняно невеликих тисках (до 350 даПа), які можуть забезпечити осьові вентилятори, маючи швидкість до 80м/с.

Відцентрові та осьові вентилятори, які зараз серійно випускаються приблизно рівноцінні за економічністю.

2 КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА ВОД-30

2.1 Призначення та область застосування осьового вентилятора ВОД-30

Двоступінчастий осьовий вентилятор ВОД-30 застосовується як вентилятор для головного провітрювання гірничорудних шахт. Встановлення вентилятора виконується на стовбурі шахти, у місцях перекриття надшахтною будівлею або лядами.

Вентилятор ВОД-30 відповідає ГОСТ 11004-84 «Вентилятори шахтні головного провітрювання» та ГОСТ 10616-90 «Вентилятори радіальні та осьові. Розміри та параметри» і призначений для головного провітрювання підземних виробок гірничорудних шахт, із споживаною кількістю повітря від $50 \text{ м}^3/\text{с}$ до $270 \text{ м}^3/\text{с}$ та статичним тиском від 1200 Па до 5100 Па, у всмоктувальній або нагнітально-всмоктувальній системі вентиляції.

2.2. Технічна характеристика осьового вентилятора ВОД-30

Технічна характеристика

1. Діаметр робочого колеса, мм	3000
2. Номінальна корисна потужність, кВт	625
3. Номінальна подача, $\text{м}^3/\text{с}$	160
4. Подача у робочій зоні, $\text{м}^3/\text{с}$	50-270
5. Номінальний тиск, Па	
повний	4000
статистичний	3900
6. Статичний тиск у робочій зоні, Па	1200-5100
7. ККД максимальний	0,81
8. Потужність приводного електродвигуна, кВт	1600
9. Напруга, В	6000
10. Частота обертання, хв-1	600
11. Габаритні розміри вентилятора з дифузором, мм:	
довжина, мм	19080
ширина, мм	4500
висота, мм	4500
12. Спосіб регулювання - зміна кута встановлення лопаток робочих коліс.	
13. Маса вентилятора без електроустаткування, кг	32000

2.3. Опис конструкції та принцип дії осьового вентилятора ВОД-30

Основні вузли вентилятора ВОД-30 (Рис. 2.1)

- 1- електродвигун;
- 2 - колодкове гальмо;
- 3 - трансмісійний вал;
- 4- колектор;
- 5 – кок;
- 6- ротор;
- 7- корпус вентилятора;
- 8 – дифузор;

Щоб зупинити вентилятор ВОД-30 використовується колодкове гальмо з електромагнітним приводом, яке зупиняє ротор вентилятора за 2-2,5 хв.

Трансмісійний вал застосовується для з'єднання електродвигуна із ротором вентилятора. Цей вузол складається з вала $\phi 190\text{мм}$, довжиною 4600мм , на кінцях якого встановлені зубчасті напівмуфти, модуль зубчастого зчеплення $m=8$, кількість зубів $z=48$, для передачі крутного моменту від двигуна до ротора.

Важливою умовою нормальної роботи вентилятора – рівномірне поле швидкостей та тиску при вході у вентилятор. Для цього застосовують плавний колектор і кок, встановлені на вході потоку у вентилятор. Кок і колектор - це зварні конструкції з листової сталі.

Ротор вентилятора ВОД-30 - найбільш відповідальний елемент конструкції, до нього висуваються вимоги щодо точності та співвісності деталей і вузлів, що збираються.

Вал ротора - поковка Гр.V - КП28, Сталь 45. Якість контролюється ультразвуковою дефектоскопією. Вал ротора з'єднується з трансмісійним валом зубчастою напівмуфтою. Ротор ВОД-30 обертається у передньому та задньому підшипникових вузлах.

У корпусах підшипників встановлені два підшипники 3640 ГОСТ 5721-75 дворядні роликові, які сприймають радіальне навантаження. У задній опорі встановлений шарикопідшипник радіально-упорний здвоєний з розміром на валу $\phi 200$, який сприймає осьове навантаження. Для контролю температури у корпусах підшипників монтуються термодатчики.

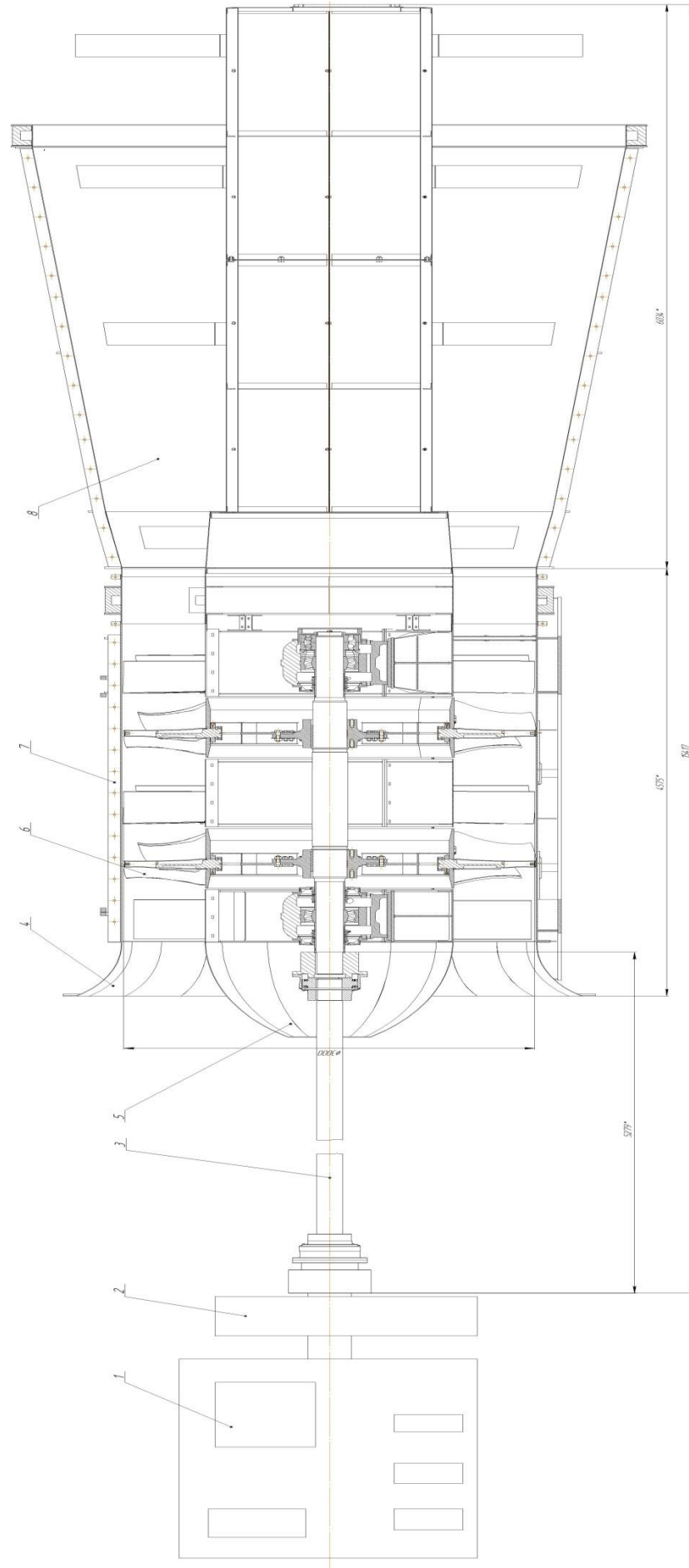


Рис. 2.1 Конструкція осевого вентилятора ВОД-30

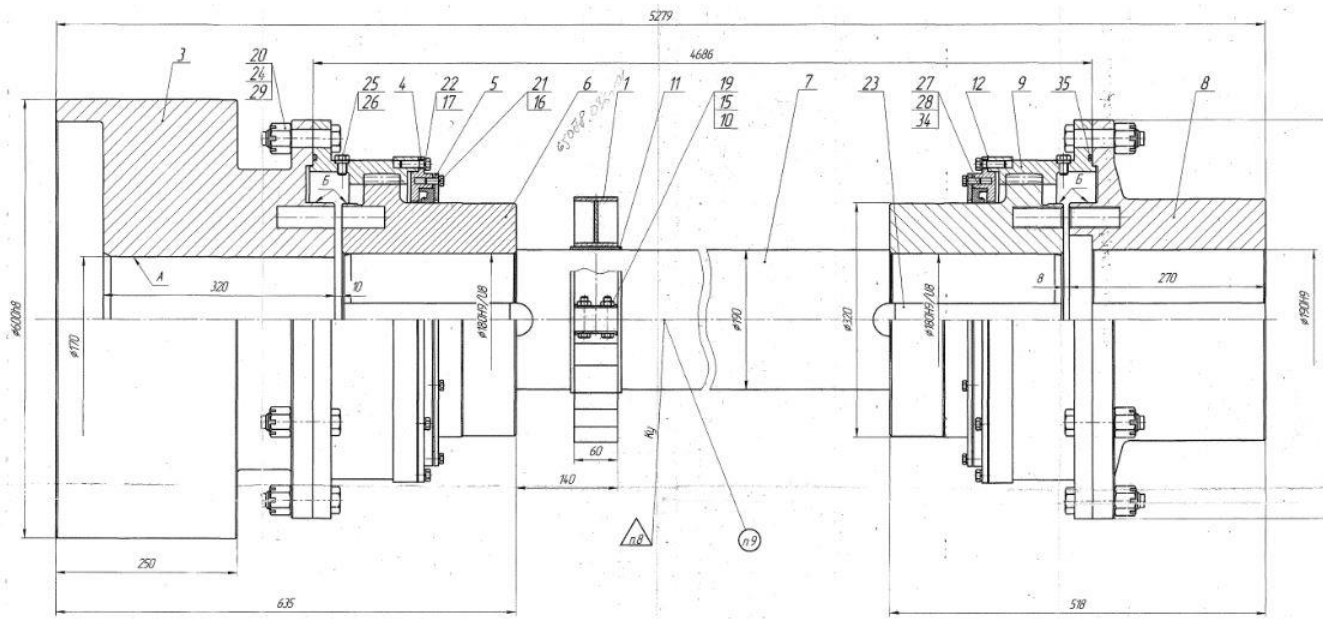


Рис. 2.2 - Трансмiсiйний вал

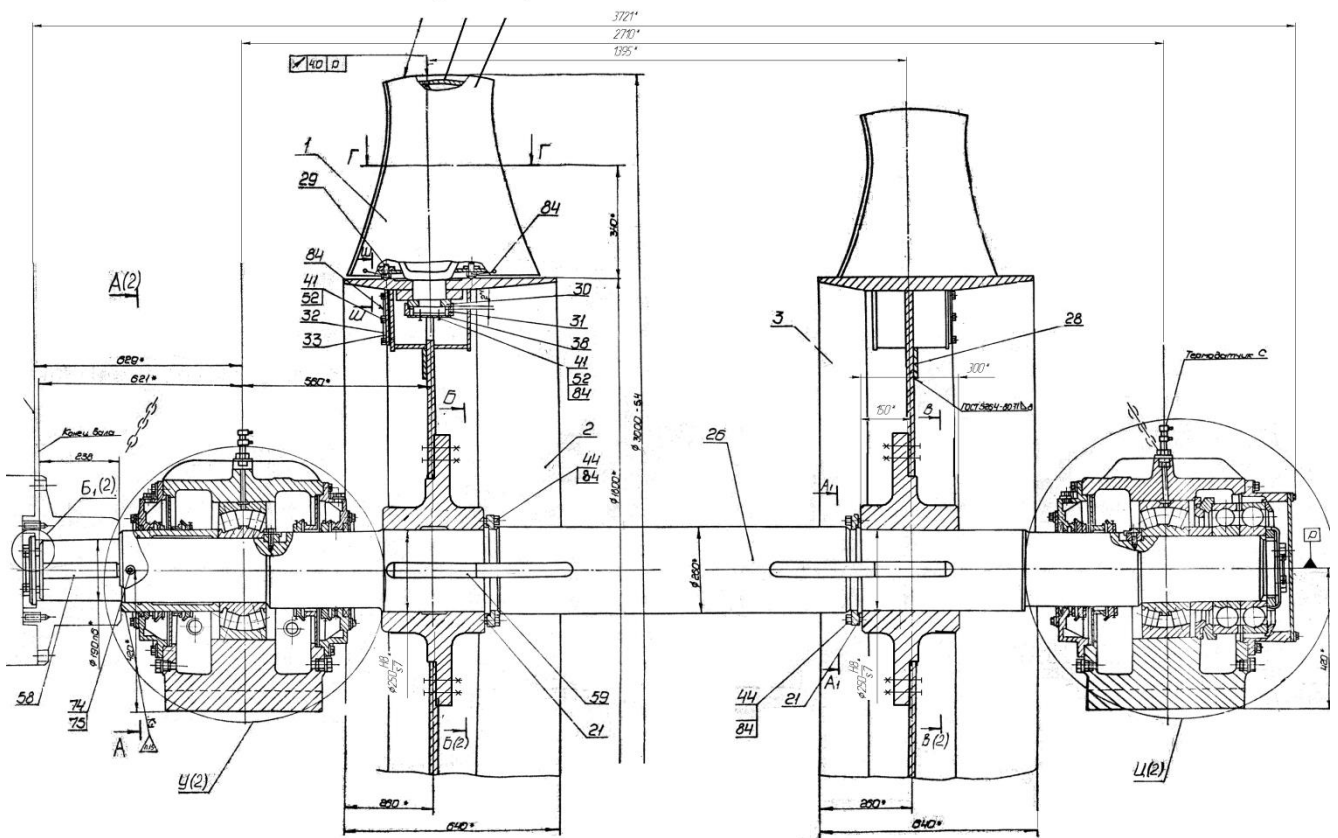


Рис. 2.3 - Ротор

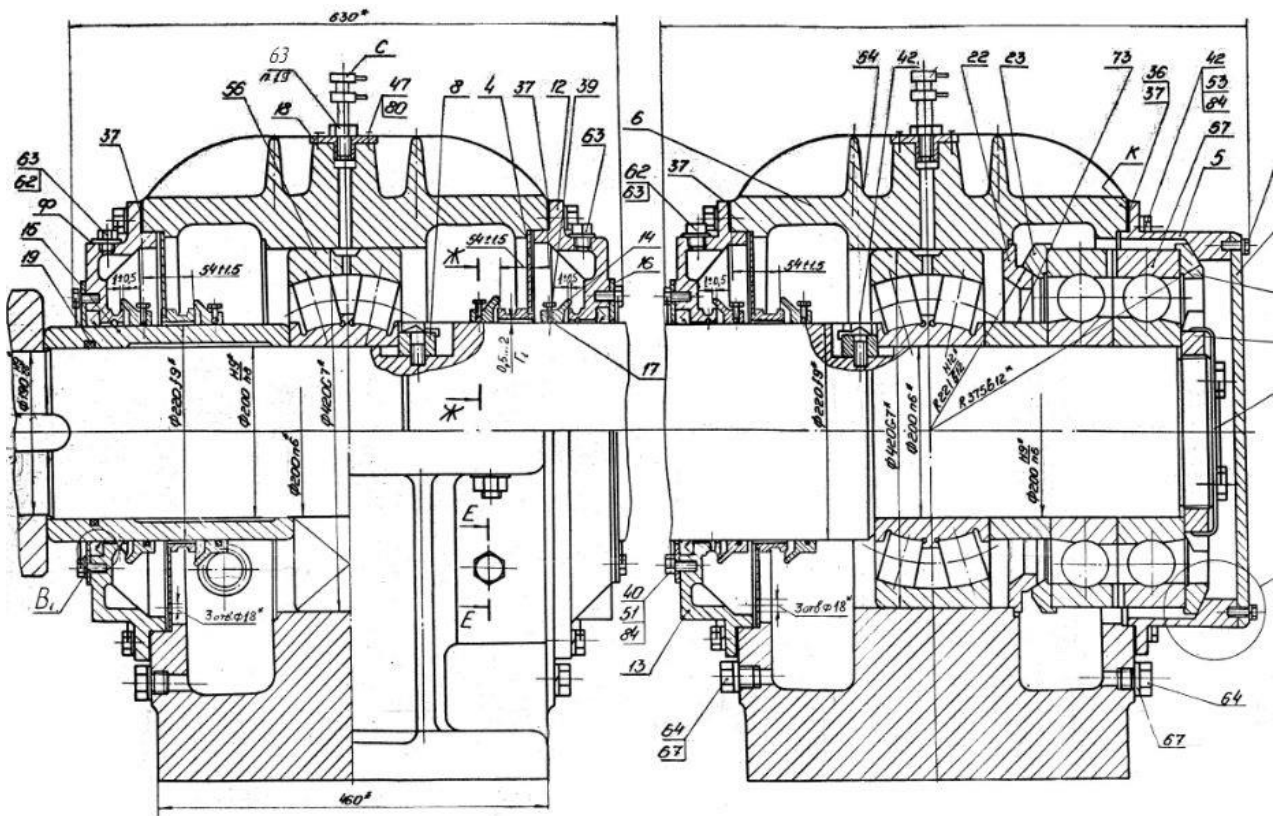


Рис. 2.4 - Вал ротора

У підшипникові вузли вентилятора ВОД-30 мастило примусово надходить від маслостанції. Мастило постійно циркулює між підшипниками та маслостанцією.

На вал ротора встановлені дві втулки колеса з маточинами. В обічайці кожної втулки колеса виконано 12 отворів $\phi 100$ H9 для встановлення хвостовиків лопаток. Втулки піддаються статичному балансуванню разом із валом ротора. Дисбаланс, що допускається, 0,15кг на радіусі 700мм.

Робоче колесо вентилятора ВОД-30 оснащено крученими профільними лопатками. На ротор встановлюються 24 лопатки. Форма лопаток забезпечує необхідну циркуляцію потоку для достатнього напору і одночасно виключає перетікання повітря до периферії в радіальному напрямку від дії відцентрових сил при закручуванні потоку. Кручені лопатки із змінним перерізом по довжині, забезпечують сталість тиску.

Лопатка вентилятора ВОД-30 гвинтоподібна, пустотіла складається з несучого хвостовика, двох листів обшивки (матеріал 9Г2С лист 4мм), армуючого ребра (лиття Сталь 25Л) та денців.

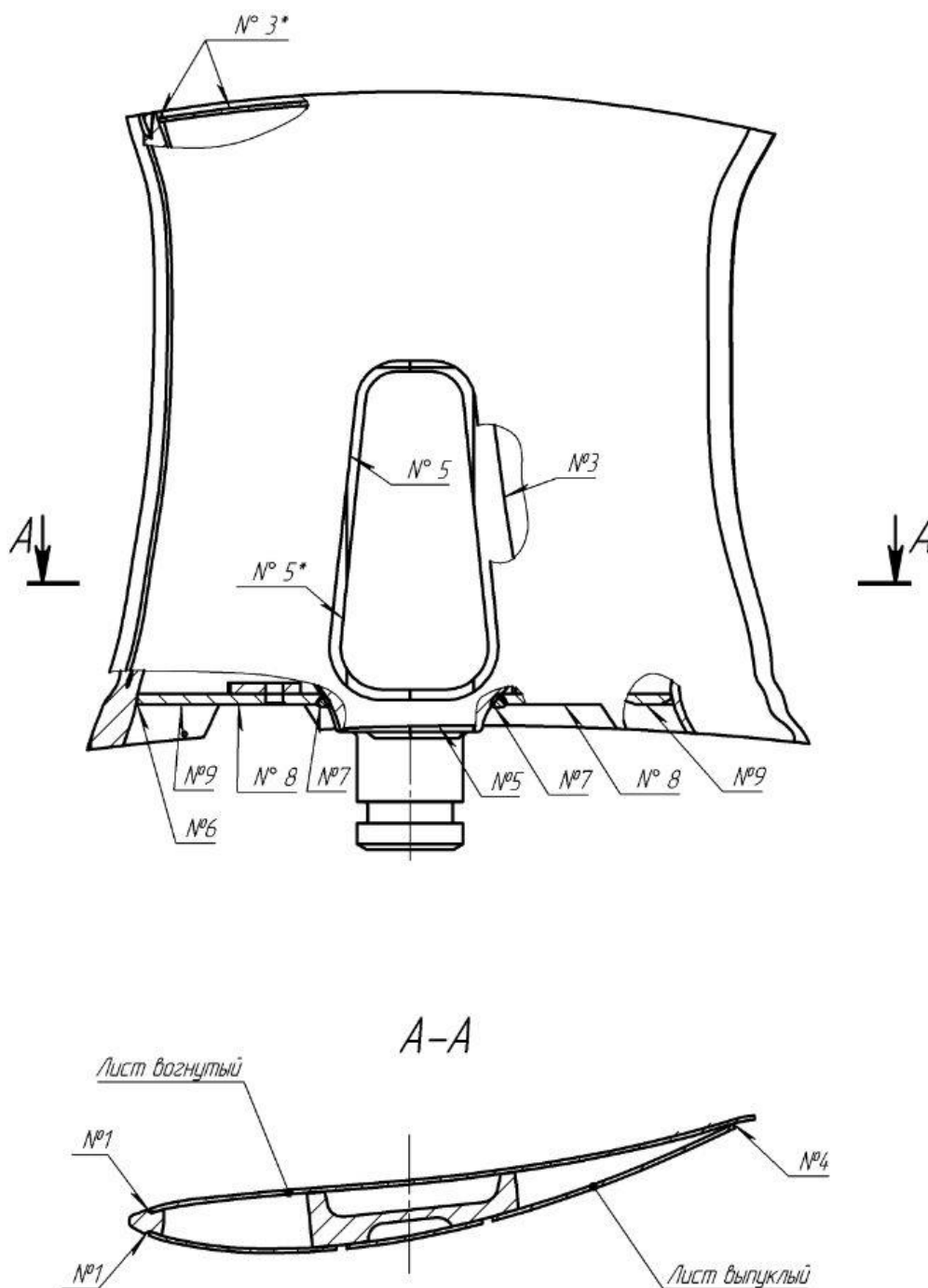


Рис. 2.5 - Лопатка вентилятора ВОД-30

Хвостовик виготовляється із Сталі 09Г2С, поковка група IV КП 275 ГОСТ 8479-70. Поверхня хвостовика до термообробки зміцнюється дробоструминною обробкою, після механічної обробки виконують контроль якості - ультразвукова дефектоскопія. Профіль листів обшивки лопатки отримують методом штампування.

Після зварювання лопатка піддається обпалу для зняття напруги та перевірки капілярним методом дефектоскопії.

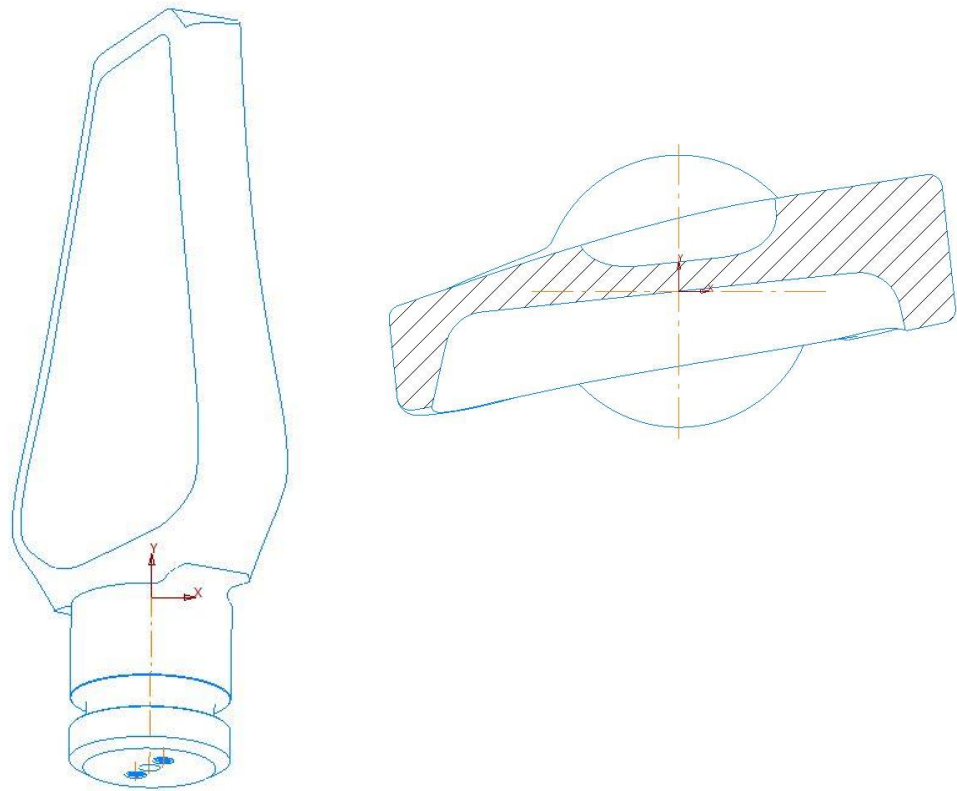


Рис.2.6 - Хвостовик

До кожної втулки колеса кріпляться по 12 лопаток затворами. При зупинці вентилятора для регулювання продуктивності та тиску через люки в корпусі ВОД, лопатки вручну повертають на кут 15-45 градусів. Цей поворот виконують через люки у правій секції корпусу. Відхилення статичних моментів діаметрально протилежно встановлених лопаток не повинно перевищувати 30кг/мм. Ротор піддається статичному балансуванню при виготовленні, при цьому лопатку встановлюють під кутом 15 градусів, допустима неврівноваженість не більше 0,15 кгс на радіусі 700 мм. Лопатки перевіряють на можливість повороту на кути 0...45 градусів та їх фіксацію стопорами.

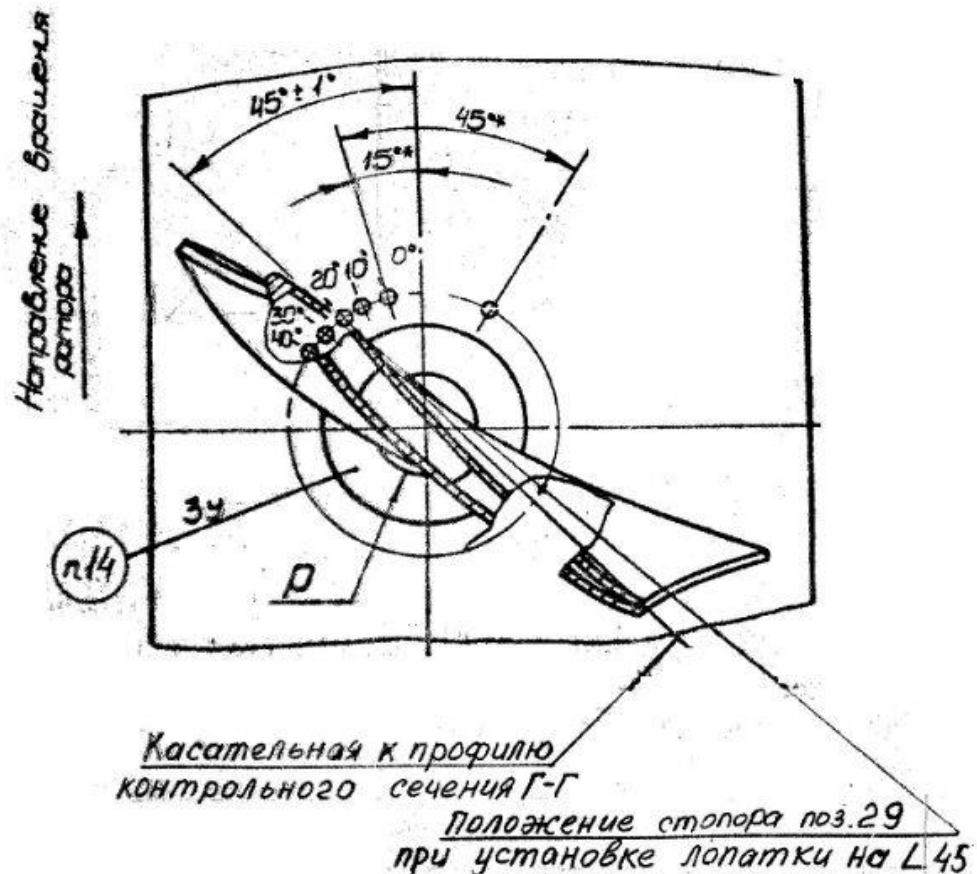


Рис. 2.7 - Положення лопаток [3]

Динамічне балансування ротора у власних підшипниках проводять після закінчення монтажу вентилятора.

Корпус ВОД-30 складається з трьох частин: Секції правої, Секції лівої та Секції нижньої, які з'єднуються між собою фланцевими з'єднаннями. Кожна секція складається із зовнішньої та внутрішньої обичайки та напрямних лопаток на вході та лопаток, що спрямовують на виході. Лопатки виготовляються з листової нержавіючої сталі, товщиною 10 мм та 6 мм, методом штампування. Нижня секція має дві опорні поверхні для встановлення корпусів підшипників. Конструкція корпусу передбачає підвищені вимоги щодо площинності цих поверхонь, не більше 0,1мм. Знизу нижньої секції встановлені опорні балки, через них відбувається кріплення вентилятора ВОД-30 до фундаменту.

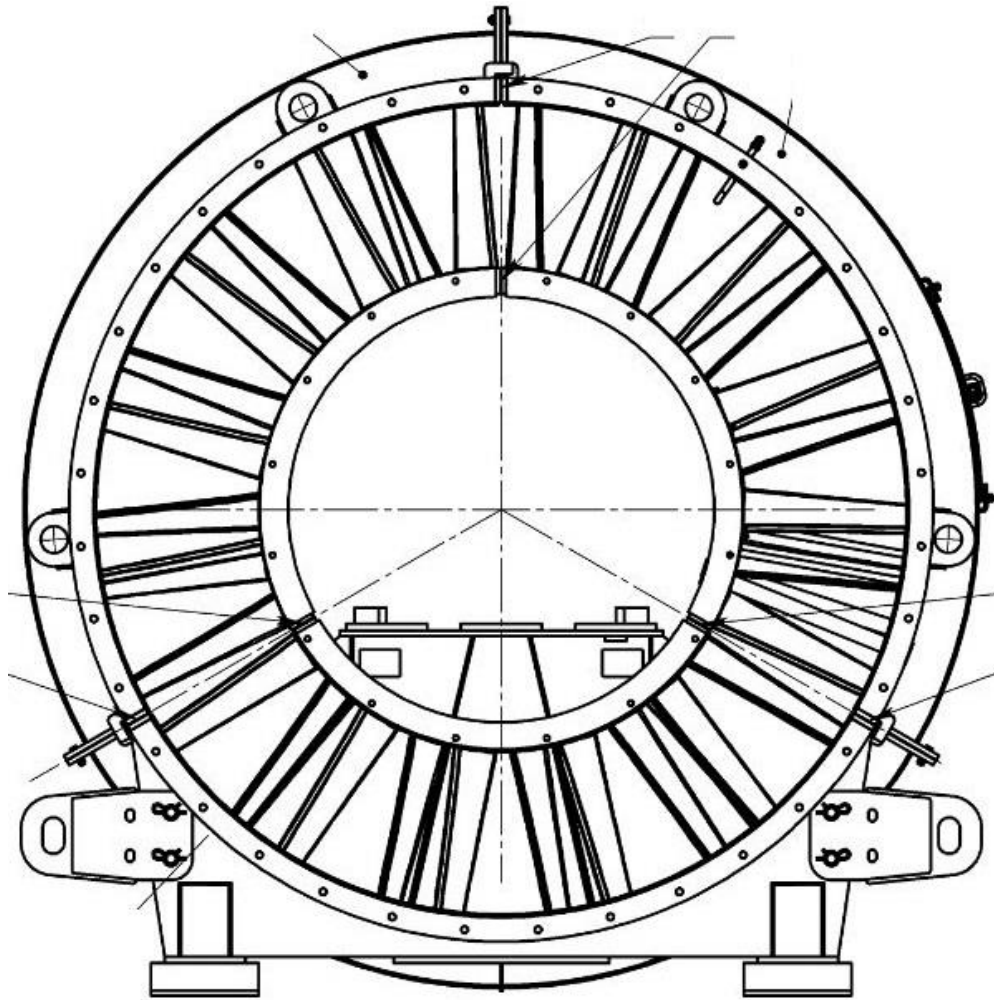


Рис. 2.8 - Корпус ВОД-30

Для зменшення швидкості повітря на виході з корпусу вентилятора і збільшення кількості повітря, що подається вентилятором, встановлюється дифузор. Дифузор складається з 4 секцій зовнішньої оболонки, що розширюється, внутрішньої конусної секції і шестигранного патрубку, що складається з 12 секцій, днища та дверей. На вході діаметр зовнішньої оболонки дорівнює $\phi 3005\text{мм}$, що відповідає випускному отвору Корпусу ВОД. Потім оболонка розширюється з кутом розширення 11 градусів на довжині 700мм і надалі з постійним кутом розширення 8 градусів. Довжина дифузора 3,6м. Конструкція зварена з листової сталі товщиною 4мм та внутрішні оболонки товщиною 3мм. Для жорсткості конструкції використовуються кутовий прокат, вальцьований по діаметру.

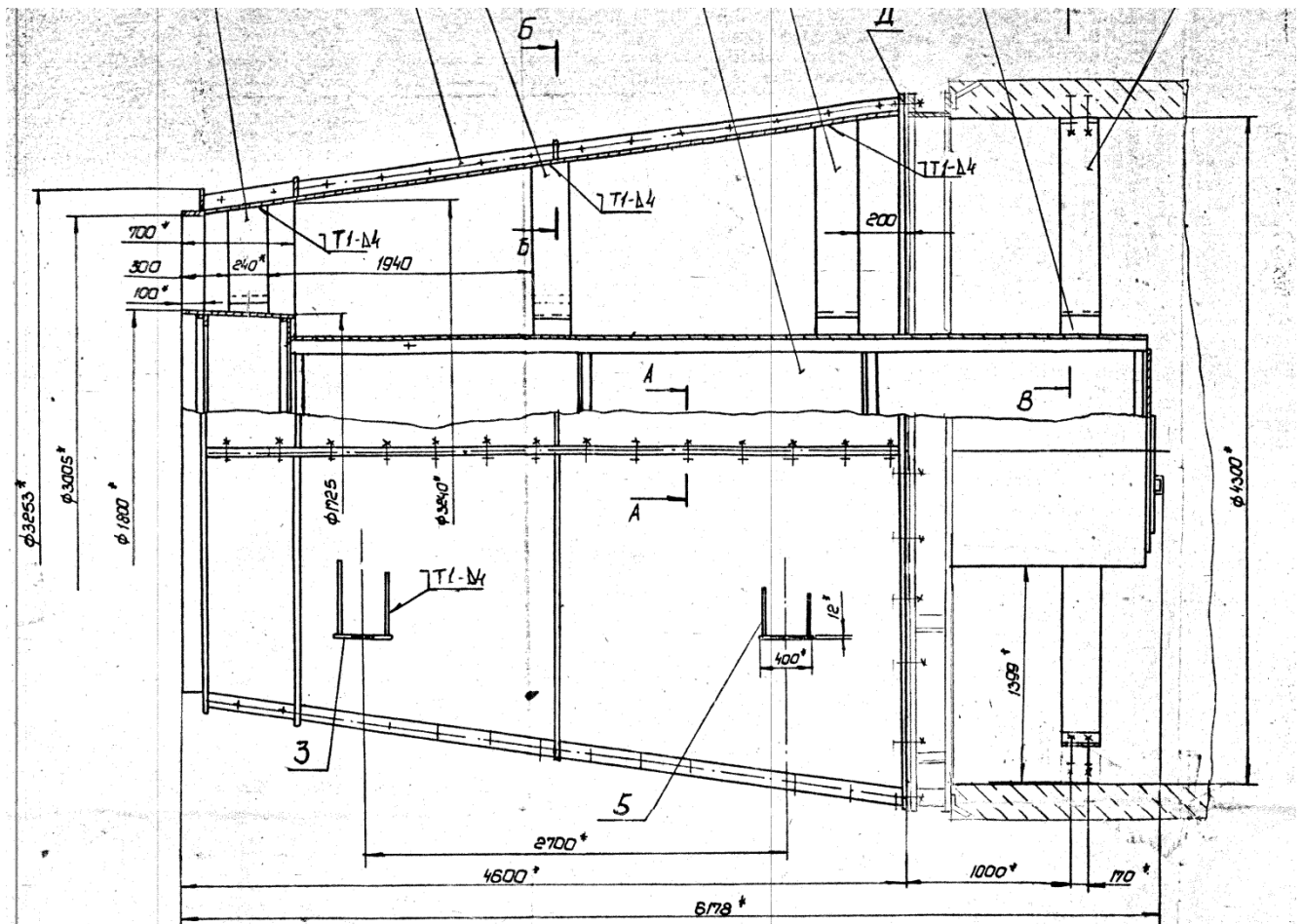


Рис. 2.9 - Дифузор

Секції зовнішньої оболонки дифузора та шестигранного патрубку при монтажі збираються на фланці, ущільнюються прокладками ТМКЩ. Дифузор спирається на 4 опори, які входять до його конструкції. Центрування зовнішньої та внутрішньої оболонок дифузора забезпечують розтяжки 16 шт, розташовані в кутах шестигранника в 4 поясах, рівномірно по всій довжині дифузора. Двері, що встановлюються на шестигранному патрубку, використовуються при реверсивній роботі вентилятора.

Для з'єднання основних вузлів вентилятора ВОД-30 між собою в комплект входять Проставки внутрішня та зовнішня, Вставка, Хомути зовнішні та внутрішні.

Усі фланцеві з'єднання між вузлами вентилятора ущільнені гумовими пластинами ТМКЩ для герметичності.

Режим роботи вентилятора ВОД-30 визначається аеродинамічною характеристикою вентилятора. Вона показує залежність P_v повного тиску, N потужності на валу ротора, коефіцієнта корисної дії та продуктивності Q .

Характеристика вентилятора – це крива, яка виражає залежність депресії від кількості повітря, що проходить через вентилятор (продуктивності), коли кількість обертів колеса не змінюється.

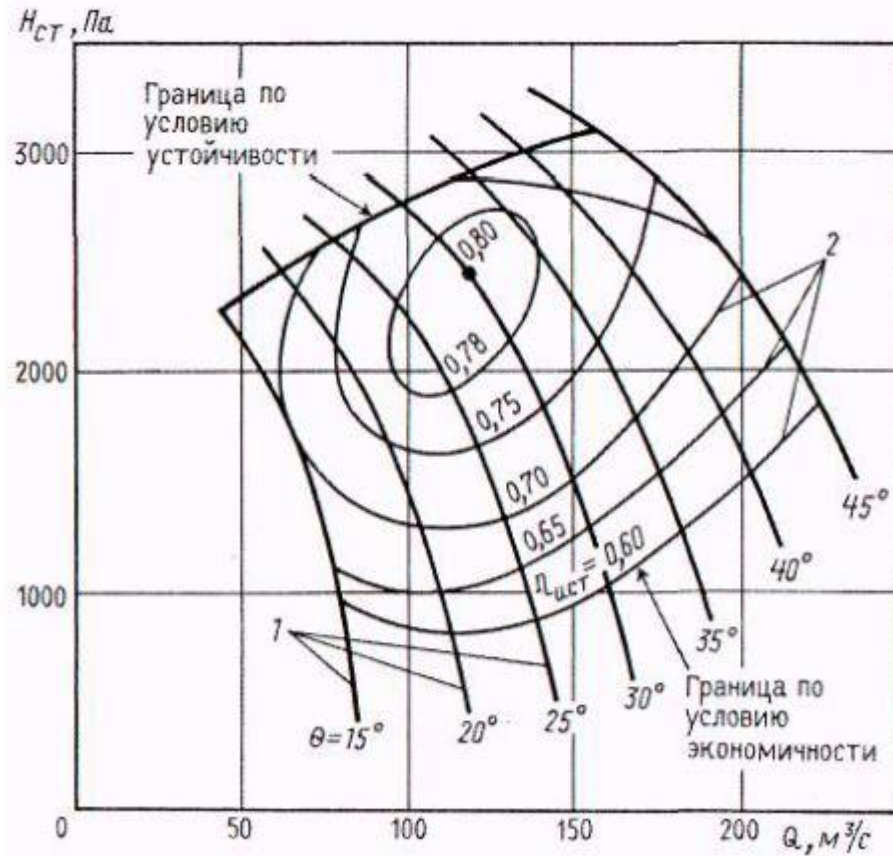


Рис. 2.10 - Аеродинамічна характеристика вентилятора ВОД-30[3]: 1 – характеристики напору з урахуванням встановлення лопаток різні кути; 2 – лінії де ККД рівні.

Робочий режим вентилятора - точка перетину характеристик мережі та вентилятора.

Надійність роботи вентилятора залежить від плавності характеристик тиску, вони мають бути без зон зриву та нестійкої роботи.

2.4 Перелік та аналіз основних недоліків конструкції осьового шахтного вентилятору ВОД-30

Основні фактори, що впливають на роботу осьових шахтних вентиляторів головного провітрювання:

1. Вентилятор переміщає більше повітря, ніж більше діаметр його робочих коліс і кількість обертів ротора. Збільшення окружної швидкості обмежено міцністю конструкції та збільшенням шуму під час роботи вентилятора.

2. На кількість повітря істотно впливає еквівалентний отвір шахти. Аеродинамічна характеристика вентилятора буде більш плавною при більшому еквівалентному отворі. При його зменшенні, характеристика стає крутішим і зменшується потік, що передається вентилятором.

3. Для кожного режиму роботи відповідає місце на аеродинамічній характеристиці. На правій галузі характеристики розташовуються робочі режими. При переході режиму ліворуч виникає нестійка робота устаткування. Цього не можна допускати, оскільки це негативно впливає на роботу всієї вентиляційної установки. Режими розташовані ще лівіше на характеристиці - стійкіші, але мають низький коефіцієнт корисної дії.

4. Максимальне значення коефіцієнта корисної дії збігається з точкою переходу. Економічно найвигідніший варіант щоб вентилятор працював на режимах поблизу точки переходу або правіше від неї.

Зменшення діаметра робочого колеса веде до наближення вершини характеристики до осі ординат. Чим менший еквівалентний отвір шахти - тим лівіше її характеристика. При перетині цих кривих поблизу вершини переходу аеродинамічної характеристики осьового вентилятора знаходиться область найбільш вигідних режимів роботи вентилятора. Еквівалентний отвір шахти має бути більшим за діаметр робочого колеса осьового вентилятора.

5. Знижується кількість повітря, що передається осьовим вентилятором зі збільшенням опору самої вентиляторної установки. Підсмоктування повітря через гирло шахти знижує опір, вентилятор передає більшу кількість повітря, але менша його кількість потрапляє в шахту, відбувається перевитрата енергії.

Одним істотним недоліком осьових вентиляторів є порушення його сталої роботи. Проводяться дослідження, вивчаються шляхи вирішення цього завдання. Найбільш вивчені два явища: зрив потоку та помпаж. Якщо

виникнення зриву, що обертається, виникає при певних режимах роботи обладнання, залежить від проточної частини вентилятора, геометричних розмірів і конструкції лопаток робочого колеса, то помпаж залежить від характеристик вентиляційної мережі.

Вентиляторна мережа та вентилятор – це аероакустична система, в ній можуть виникнути низькочастотні коливання з великою амплітудою. При цьому робота вентилятора буде нестійкою, з різкими коливаннями продуктивності та тиску. Це явище називають помпажем. Вібрації при помпажі можуть призвести до руйнування вузлів вентилятора.

Помпаж виникає в областях зриву, що обертається, при розриві характеристик тиску.

Тому усунення зриву потоку є пріоритетним питанням для сталої роботи осьових вентиляторів.

Найбільш простим рішенням можна вважати зниження аеродинамічних навантажень під час роботи осьового вентилятора, встановлення лопаток робочих коліс під меншими кутами 10-15 градусів. При цьому робота вентилятора буде стабільною. Але це призводить до значного подорожчання вентиляторних установок за рахунок збільшення габаритів.

Сучасні умови вимагають економічно вигідних, потужних та малогабаритних конструкцій. Найбільший к.п.д. вентилятора знаходиться якраз при великих кутах установки лопаток до 45 градусів. При таких режимах завжди буде виникати зрив і помпаж, що обертається. Тому постійно проводяться дослідження, пропонуються конструкторські покращення, заходи, оформлюються патенти на запобігання нестійким режимам роботи осьових вентиляторів.

Найскладніші питання – це стійкість режимів роботи ВОД. Нестійкі режими, які шкідливо впливають на характеристику вентиляторів та всю їхню систему роботи – помпаж та зрив. Зрив, через нерівномірність потоку в осьових вентиляторах, бере початок у кінцевому перерізі лопатки. Потік повітря при наближенні до робочого колеса має нерівномірність. На кінцевому перерізі лопатки осьова швидкість потоку менше ніж в інших перерізах. Прикордонний шар накопичується і біля периферії колеса відбувається зрив потоку. За внутрішнім діаметром проточної частини, режим обтікання – нормальний. Зрив проявляється в одному або декількох ділянках, а не по всьому колу робочого колеса. При взаємодії активного потоку зі зривними зонами відбувається значні втрати тиску. На

характеристики вентилятора утворюється розрив та зниження тиску.

Лопатки вентилятора відхиляють повітря, коли проходять через повітряний потік. Змінюючи положення лопаток - змінюється величина відхилення. Чим більший кут атаки лопаті, тим більше відхилення повітря. Це дозволяє вентилятору створювати тиск. При цьому, повітря нерівномірно обтікає поверхню лопатки, коли кут атаки надто збільшується. Зрив потоку - коли тиск, що створюється, перестає збільшуватися і падає, зменшується продуктивність.

Тиск, який розвивають кінцеві перерізи лопатки, стає максимальним і починає зменшуватися. При цьому тиск у просторі за колесом ще зростає. В результаті відбувається порушення рівноваги та з області нагнітання в область всмоктування (Рис.2.12, зона 1) рухається зворотний струм повітря. Зворотний струм виникає в секторах, які переміщуються щодо лопаток у напрямку зворотного обертання вентилятора. Частина лопаток, не охоплених зривом, працюють із нормальними кутами атаки. Це призводить до того, що тиск, який створив робоче колесо до початку зриву, відповідає меншій продуктивності.

Зрив негативно впливає на роботу, збільшується ймовірність механічних пошкоджень, оскільки вентилятор може зазнати втоми металоконструкції, підвищений рівень шуму.

Зрив змінює характеристику вентилятора. У разі виникнення зриву вся характеристика вентилятора ділиться на неробочу ліву і робочу праву. Чому виникають такі режими? При кутах установки лопаток 10-15 градусів характеристика тиску зазвичай плавна (а), збільшуючи кут на кривій тиску, з'являється западина і максимальне значення (б). При подальшому збільшенні кута установки відбувається розрив кривої тиску (в).

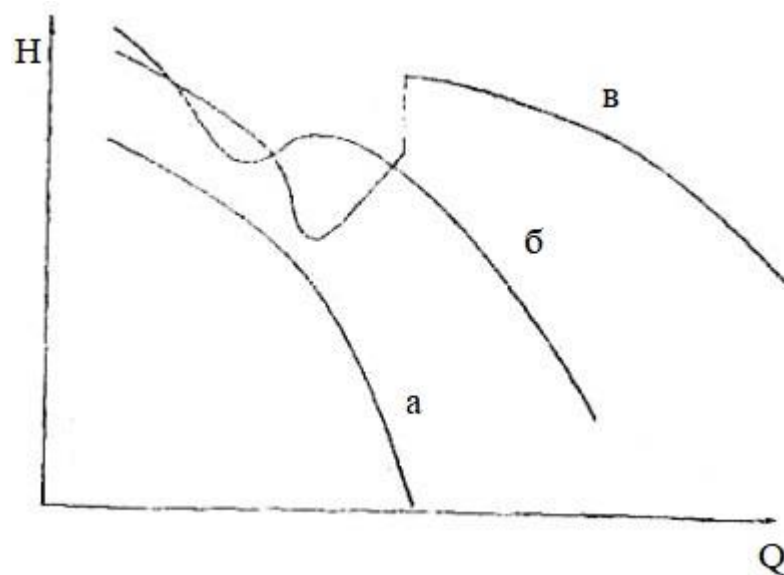


Рис. 2.12 - Види кривих тиску [3]

Вентилятор може вийти з ладу, якщо характеристика має розрив або глибоку западину, через це відбуваються сильні коливання продуктивності та тиску – робота стає нестійкою.

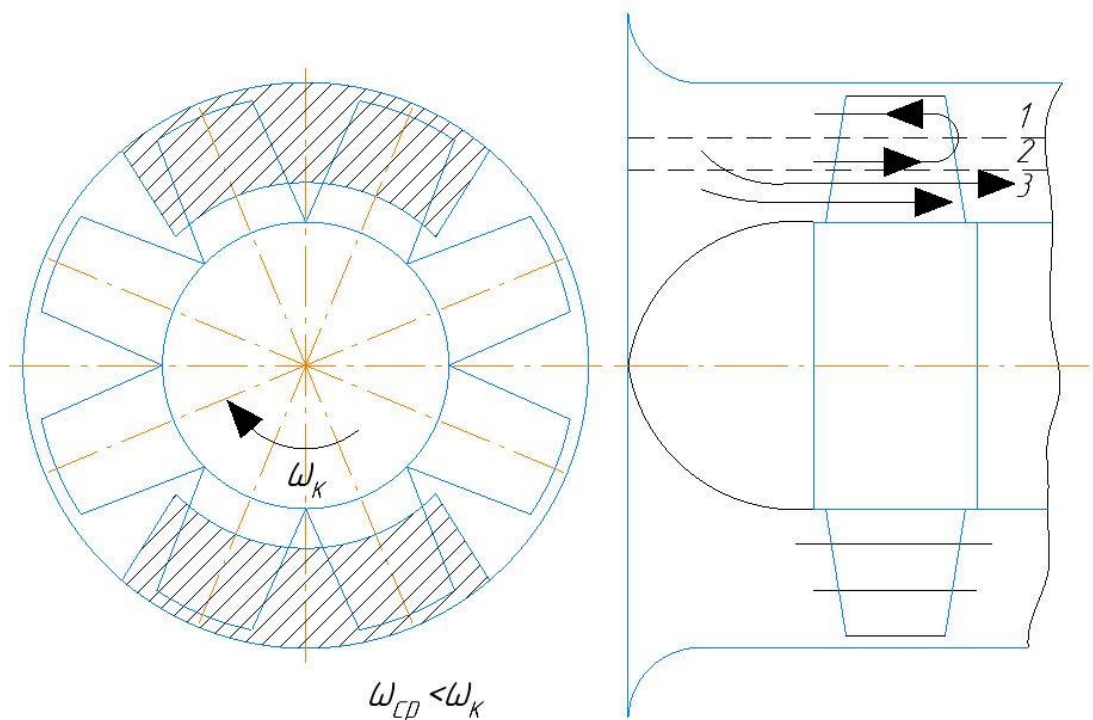


Рис. 2.12 - Схема течії потоку в колесі при обертовому зриві.[3]

Зворотний потік, проходячи через лопатки в область всмоктування, сильно закручений – це і є основна причина поширення зриву від периферії робочого колеса до центру.

Зворотний потік закручує зустрічний у напрямку обертання лопаток та зменшує тиск у зонах без зриву, настає деякий стан рівноваги. В областях охоплених зривом, розрізняють три зони: (Рис. 2.12): 1 – зона зворотного потоку, 2 – зона прямого потоку, який утворює зі зворотним потоком, замкнуту течію, що не створює тиск в мережі, 3 – зона активного потоку, що забезпечує тиск у мережі.

Зона 3 може бути відсутня, якщо зрив доходить до поверхні втулки. Лопатки, що знаходяться поза секторами зриву, створюють тиск в мережі. Це відбувається, якщо діаметр втулки $\geq 0,6$ діаметра робочого колеса. У вентилятора ВОД-30 діаметр втулки $\phi 1800\text{мм}$, діаметр колеса $\phi 3000\text{мм}$, співвідношення дорівнює 0,6.

Велика тангенціальна складова швидкості зворотного потоку є причиною виникнення западини на характеристиці вентилятора та розвиток зриву потоку.

2.5 Пропозиція щодо удосконалення конструкції осьового шахтного вентилятору ВОД-30

Процеси, коли вентилятор працює в режимах наближення до точки розриву характеристики, досить складні у вивченні. Але вирішення цих завдань актуальне, оскільки більшість вентиляторів ВОД працюють при великих кутах установки лопаток.

В результаті сучасних досліджень можна впливати на форму характеристики тиску, робити її плавною та зменшити глибину западини на кривій.

При виробництві вентиляторів постійно удосконалюються конструктивні елементи, технології, що ведуть до покращення аеродинамічних характеристик з урахуванням сучасних вимог та норм експлуатації.

Залежно від вимог експлуатації вентилятора, від форми переходу від робочої на неробочу частину характеристики використовуються різні конструкції та пристрої, для зменшення та усунення зон, коли вентилятор працює нестійко.

Для покращення стабільності аеродинамічної характеристики та

збільшення ККД пропонується забезпечити вентиляторну установку додатковим соплом. Для спрямування повітряного потоку вздовж внутрішньої поверхні обтікача дифузора. На рисунку 214 показано з'єднання внутрішньої оболонки корпусу з обтікачем дифузора. Частина повітря проходить через сопло і просувається вздовж оболонки обтікача дифузора. Внаслідок чого прикордонний шар на поверхні обтікача отримує додаткову енергію, зменшуються втрати при проходженні потоку через дифузор.

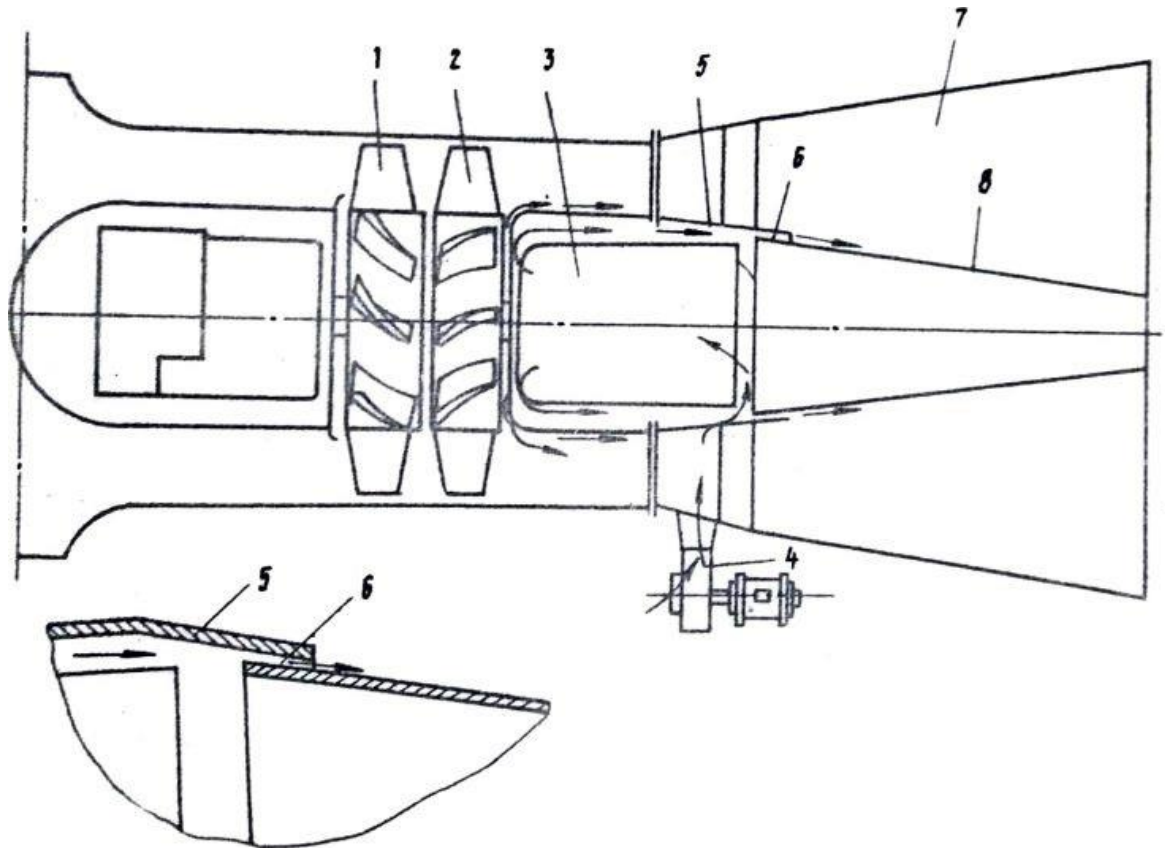


Рис. 2.13 - Схема конструкції вентилятора з додатковим вдуванням повітря в дифузор. [10]

Розрахунок техніко-економічної ефективності. Коефіцієнт втрат при додатковій подачі повітря через сопло зменшується в 1,5 рази порівняно з відсутністю цієї подачі. Втрати в дифузорі визначаються у цьому відношенні, як і коефіцієнти втрат. Наприклад, якщо втрати тиску становлять 5 відсотків, то у випадку з додатковим соплом ці втрати – 3,3 відсотка. Так само змінюється коефіцієнт корисної дії установки.[10]

Для стійкої роботи вентилятора, зменшення зриву потоку та зниження рівня шуму, пропонуються лопатки робочого колеса другого ступеня та наступних, встановлювати зі зміщенням щодо першого ступеня. [11]

Величина усунення кожного ступеня C_i :

$$0 \leq C_i \leq \frac{t}{n}(i-1) \quad (2.1)$$

t – крок лопаток

n – кількість ступенів

i – порядковий номер ступенів

Для осьового вентилятора ВОД-30, який має дві ступені, пропонована величина зміщення лопаток другого ступеня

$$0 \leq C_2 \leq \frac{785}{12}(2-1) \quad (2.2)$$

$$0 \leq C_2 \leq 65,4 \text{ мм} \quad (2.3)$$

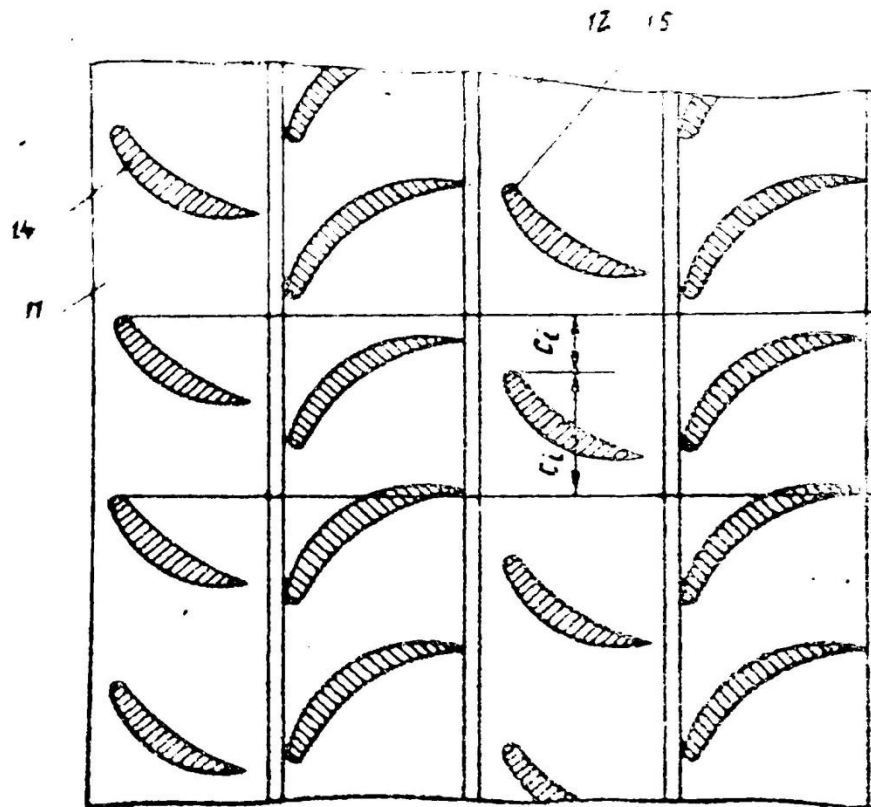


Рис. 2.14 - Схема зміщення лопаток робочих коліс другого ступеня [11]

Поліпшення характеристики осьового вентилятора із збереженням зазору між оболонкою корпусу та лопатками робочих коліс при різних кутах їх встановлення.

Регулювання тиску та продуктивності проводиться при зміні кутів установки лопаток. Максимальний коефіцієнт корисної дії ВОД-30 згідно з аеродинамічною характеристикою – при кутах лопаток 45 градусів. Для збереження мінімального зазору між зовнішньою обічайкою корпусу ВОД-30

та лопатками робочих коліс пропонується периферійні ділянки лопаток виконати з висувними пластинами. Пластини фіксуються від переміщення копіром через пружний шток з регульованими упорами. Висувні пластини 7 і 8 повертаються навколо осі 9, фіксація та величина переміщення пластин здійснюється за допомогою копіра 10 одночасно з поворотом лопатки колеса. Копір встановлений на обидві втулці колеса. Рух передається через шток 11 з пружиною 12, регульовані упори 13. [8]

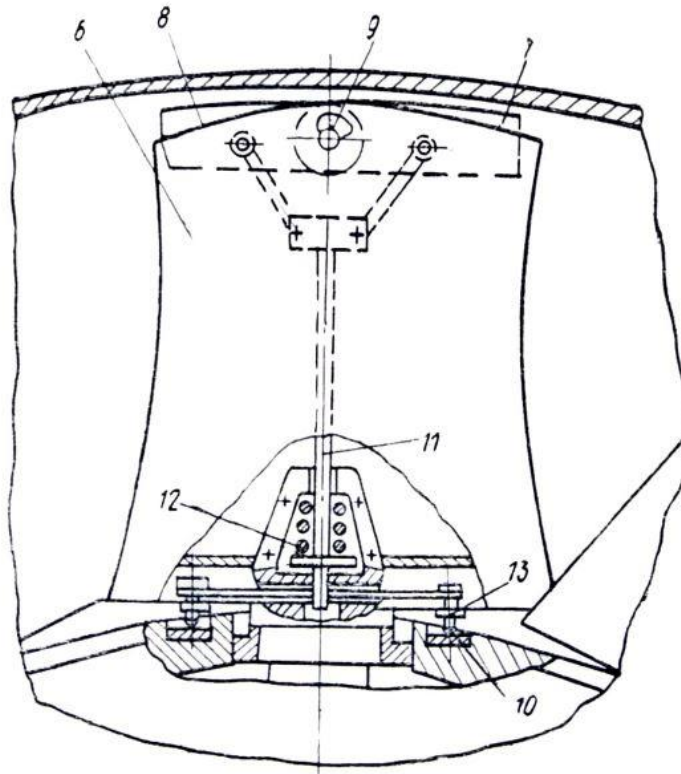


Рис. 2.16 - Схема лопатки із механізмом регулювання мінімального зазору.[8]

З метою покращення аеродинамічної характеристики за рахунок управління прикордонним шаром повітря, що обтікає лопатку вентилятора, пропонується пристрій для відсмоктування повітря. Ступиця робочого колеса 3 має радіальні канали. Вал 7 ротора виконується порожнистим. Внутрішні порожнини лопаток 4 через вал, радіальні канали маточини, приймальний колектор 8, з'єднуються з трубопроводом 9, що відсмоктує. По верхній поверхні 11 профільних пустотілих лопаток виконані отвори 12, діаметром 0,6-0,1 мм із кроком розташування 0,6-0,1 мм. При обертанні робочого колеса, повітря відсмоктується з лопаток. Тонкий шар повітря на периферії лопаток безперервно видаляється через отвори у лопатках. При цьому потік повітря набуває більш ламінарного характеру, та аеродинамічна

характеристика вентилятора покращується. [9]

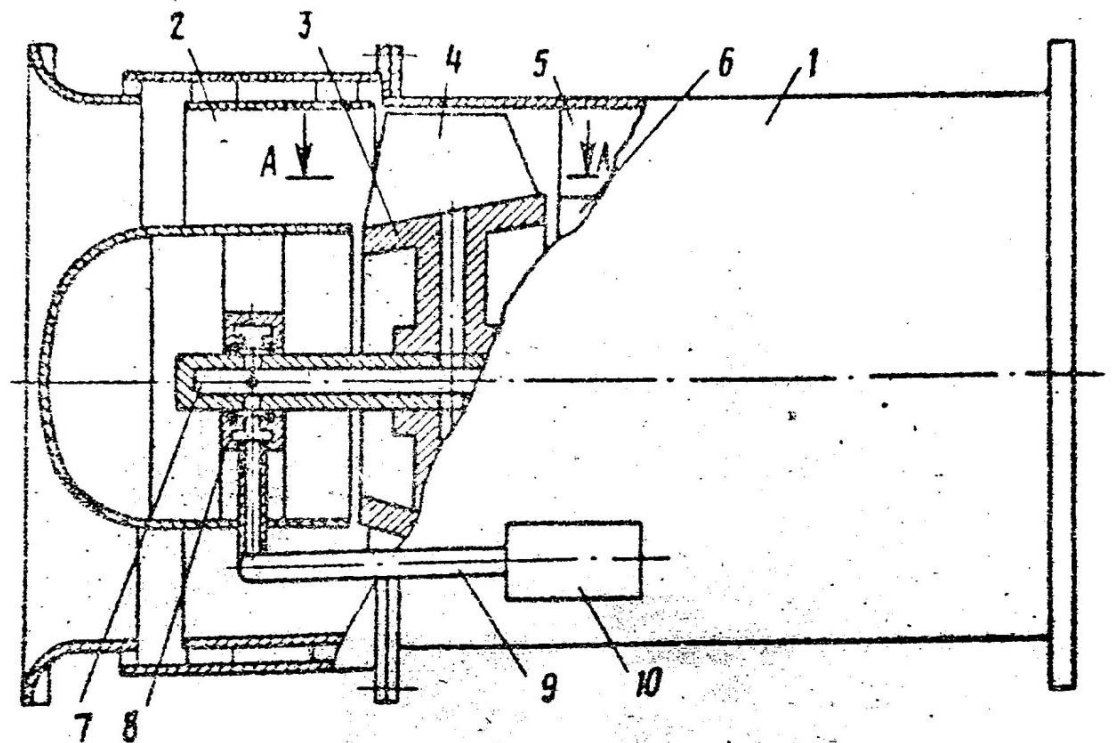


Рис. 2.17 - Схема конструкції вентилятора із порожнім валом. [9]

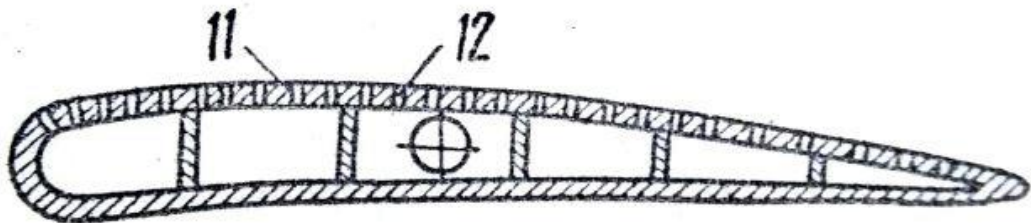


Рис. 2.18 - Пустотіла перфорована лопатка. [9]

Проводяться дослідження явища зриву та розробляються пристрої та методи його запобігання та зменшення. Для цієї мети успішно застосовуються лопаткові сепаратори.

Сепаратор обмежує на периферії колеса зони зворотних струмів та розкручує їх до осьового напрямку.

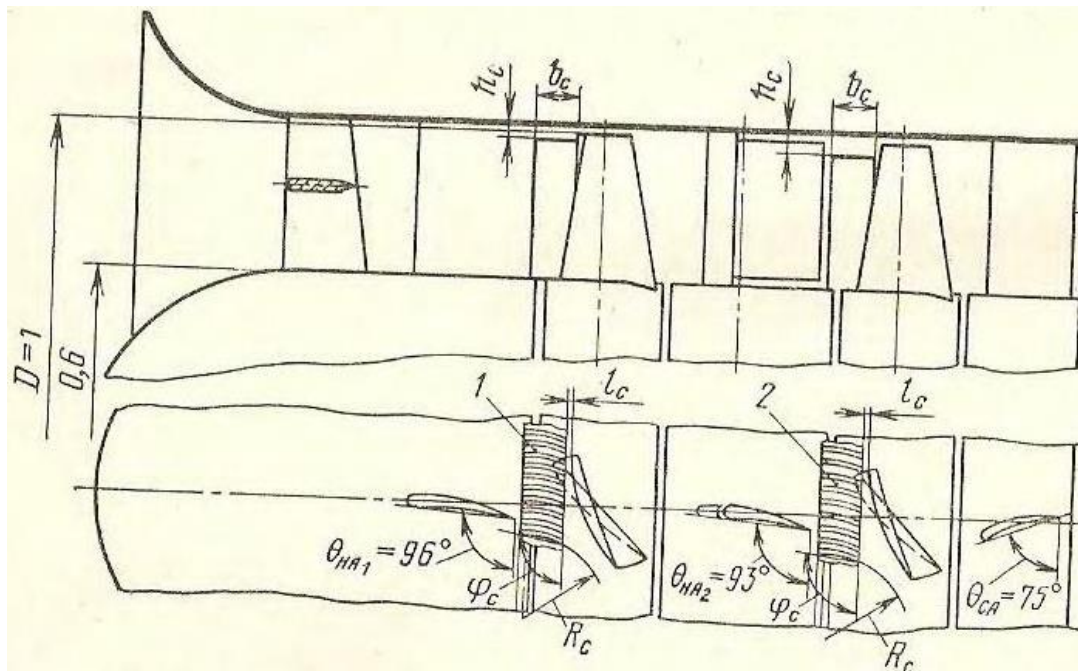


Рис. 2.19 - Схема розташування сепаратора із параметрами [4]

Аеродинамічні характеристики осевого вентилятора з сепаратором перед першим і другим робочими колесами і без нього наведені на Рис.2.19 видно, що установка сепаратора ефективно впливає на плавність характеристики.

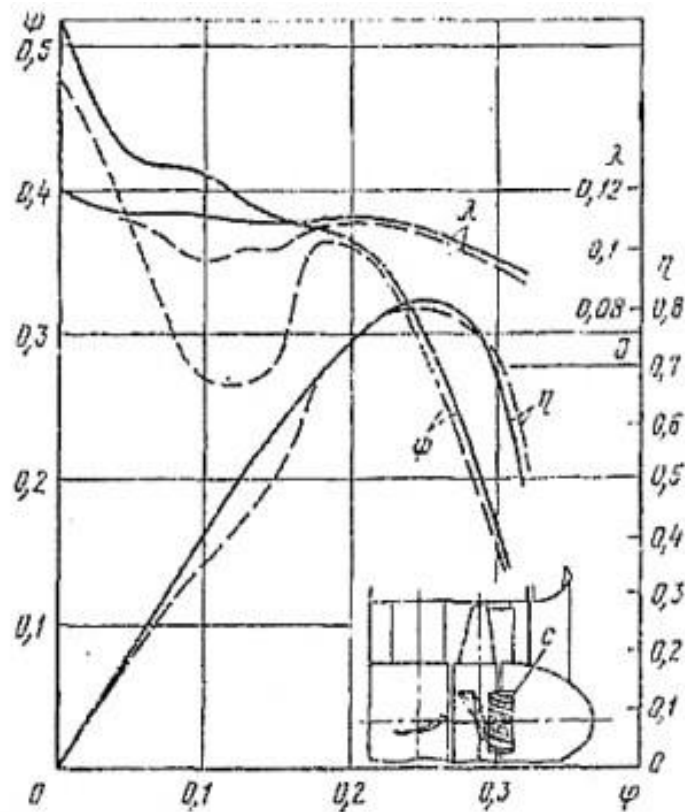


Рис. 2.19 - Порівняння аеродинамічних характеристик вентилятора ВОД без сепаратора та з сепаратором. [3]

ϕ – коефіцієнт продуктивності вентилятора

Ψ – коефіцієнт повного тиску

λ – коефіцієнт потужності

η – коефіцієнт корисної дії

Рекомендована густота решітки сепаратора 2,0, висота - 8-10 відсотків довжини лопатки. Лопатка сепаратора має вхідний кут – 40-50 градусів, а вихідний – 100 градусів. Висота лопаток перед другим ступінем дорівнює 14-16 відсотків довжини лопаток. З урахуванням безпеки роботи та шуму, сепаратор необхідно встановлювати якомога ближче до лопаток робочого колеса.

Ефективність цих пристроїв проявляється при низьких робочих параметрах та кутах атаки лопаток до 35 градусів. Майже монотонна характеристика при кутах установки лопаток не перевищує 35 градусів. При великих кутах установки монотонність кривої тиску отримати не вдалося. Зона зворотних струмів, незважаючи на зміну параметрів сепаратора, виходить за його межі. [4]

Для усунення нестійкості потоку застосовують кільцеві дефлектори.

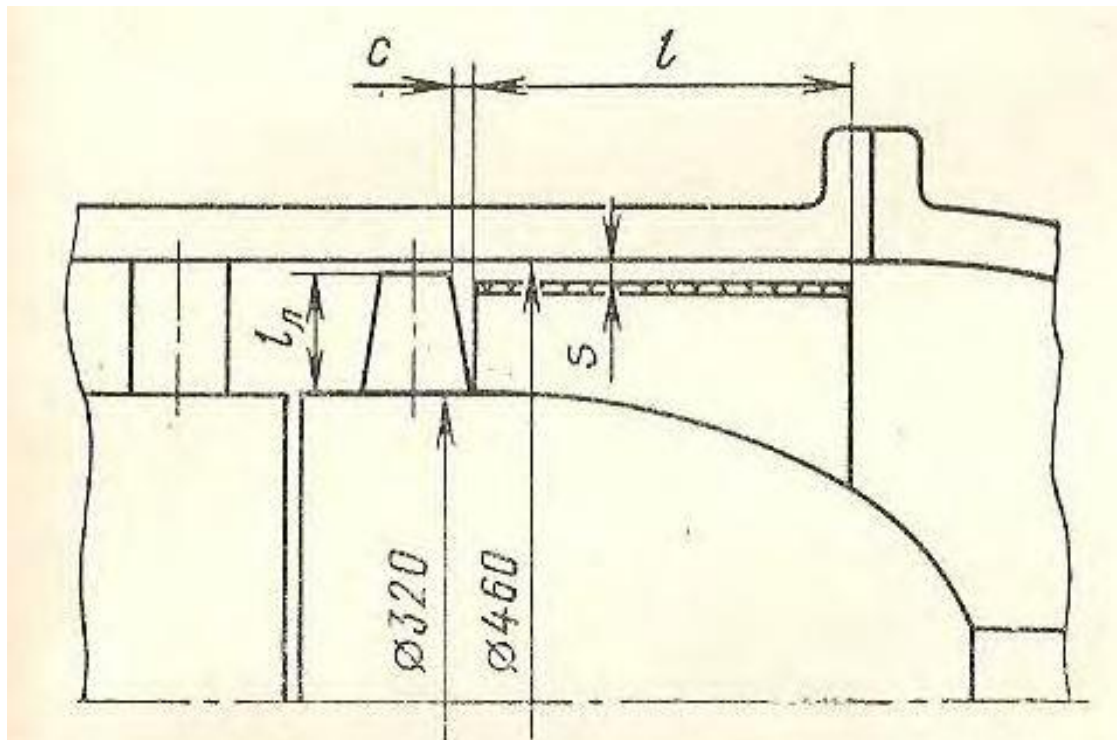


Рис. 2.20 - Схема кільцевого дефлектора [4]

На Рис. 2.21 наведено характеристики без дефлектора та з оптимальним дефлектором.

Для оптимального дефлектора пропонується співвідношення розмірів: $c/l_d = 0,0143$; $s/l_d = 0,171$; $l/l_d = 1$. c і s – відстані між колесом, корпусом та дефлектором відповідно, l_d – довжина лопатки, l – довжина дефлектора.

Відношення зазору між лопаткою та довгою дефлектора має бути мінімальним, можливо встановлювати плоскі лопатки в дефлекторі, ближче до колеса. [4]

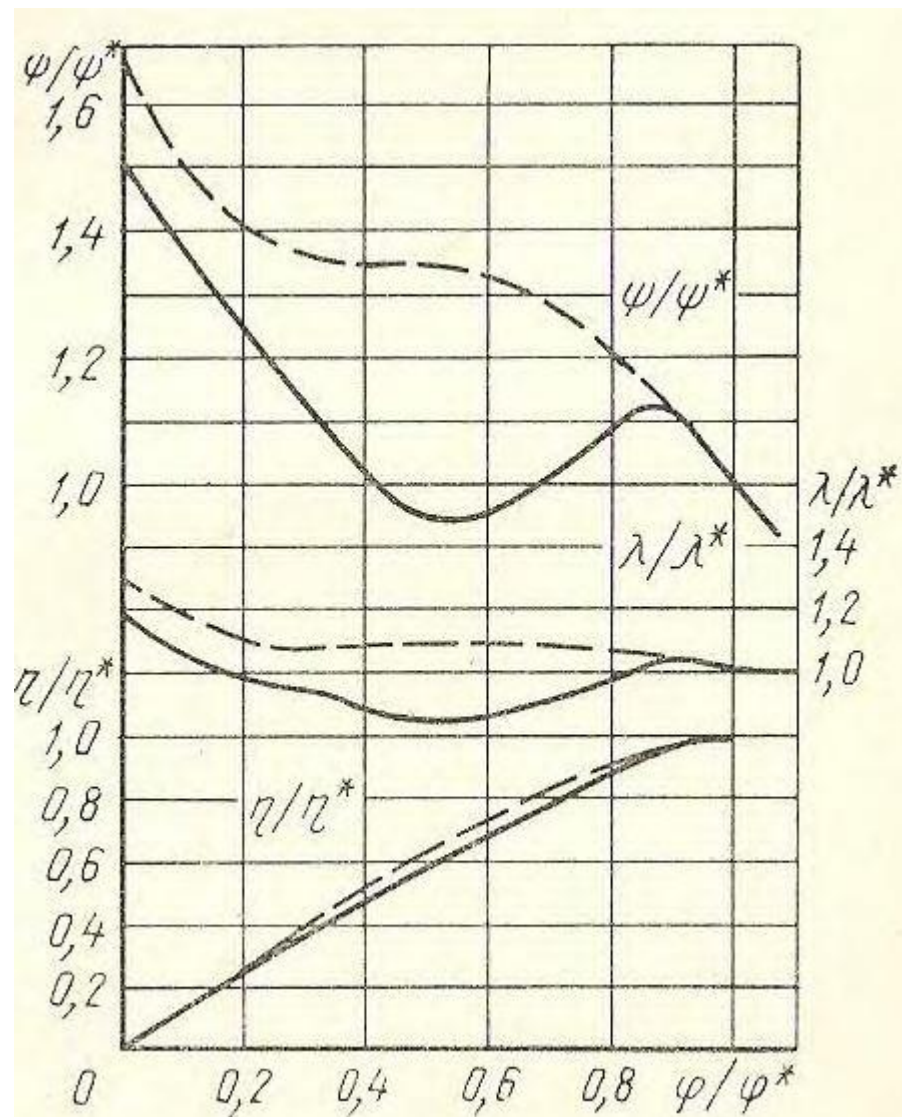


Рис. 2.21 - Вплив дефлектора на характеристику вентилятора [4]

До пристроїв, що працюють за принципом обмеження турбулентної частини потоку, відноситься повітряний сепаратор. Ця конструкція успішно застосовується для вентиляторів, які мають високий коефіцієнт тиску.

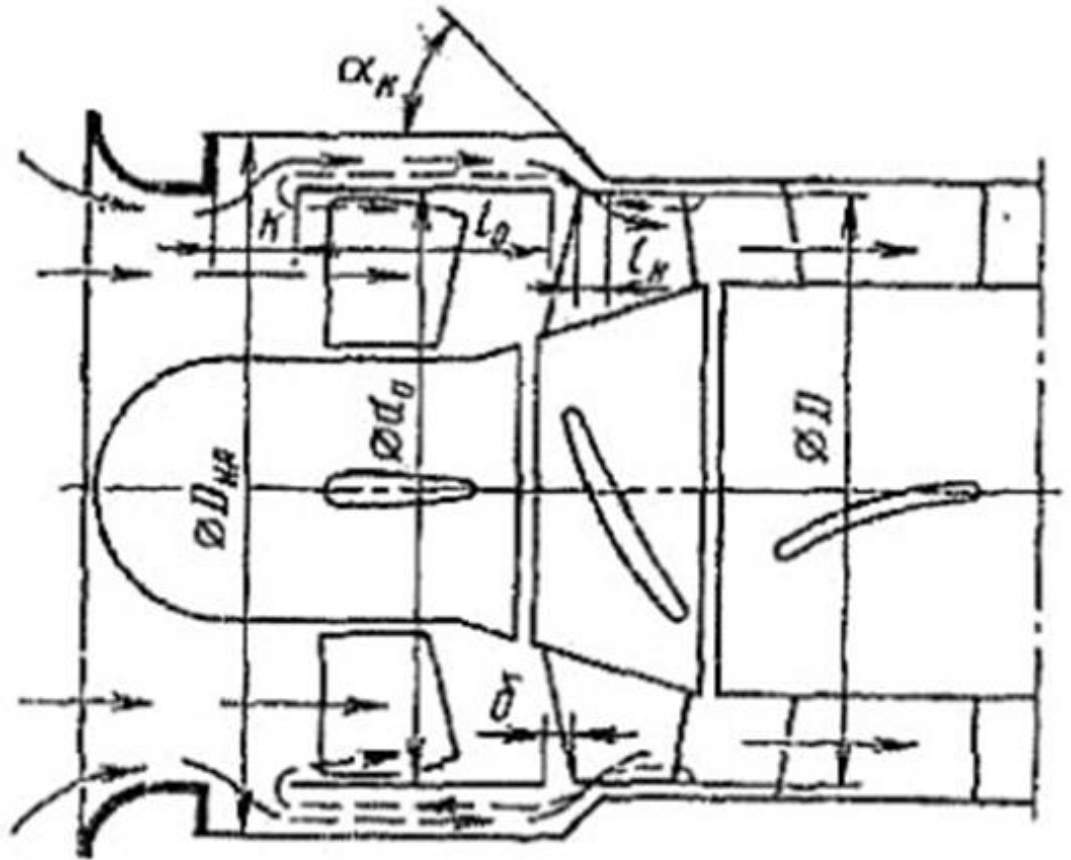


Рис. 2.22 - Схема повітряного сепаратора. [3]

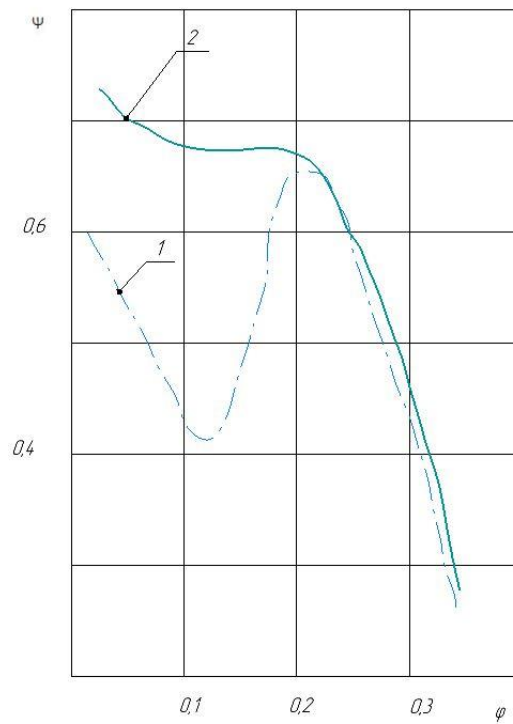


Рис. 2.23 - Вплив повітряного сепаратора на характеристику вентилятора. [4]
1-без повітряного сепаратора, 2 - з повітряним сепаратором

ϕ – коефіцієнт продуктивності вентилятора

Ψ – коефіцієнт повного тиску

Повітряний сепаратор розташовується перед лопатками, розділяє прямий і зворотний потоки, видаляє їх змішування від крайок лопаток на відстань, яка дорівнює ширині сепаратора, при цьому потік стабілізується, його напрямок незначно відхиляється від осевого.

Рекомендований діаметр обічайки повітряного сепаратора (0,93-0,95)Д, ширина (0,15-0,25)Д, де Д - діаметр робочого колеса.

До переваг повітряного сепаратора відноситься простота конструкції, малі габарити обічайки, що дозволяють успішно встановлювати її в проточну частину вентилятора ВОД.

Повітряний сепаратор має напрямний апарат, розташовується на найбільшому діаметрі проточної частини. Це зменшує продуктивність вентилятора та є істотним недоліком повітряного сепаратора. [3]

Перевагою сепараторних пристроїв є їхня ефективність роботи незалежно від компонування вентилятора в мережі – на стороні всмоктування або нагнітання. Однак за умов експлуатації сепаратори можуть виявитися неефективними, наприклад, при зледенінні проточної частини вентилятора, тому в цих випадках краще використовувати щілинні пристрої.

2.6 Мета, об'єкт, предмет, завдання та методи дослідження.

Метою роботи є покращення стабільності аеродинамічної характеристики та збільшення ККД осевого вентилятора, за рахунок удосконалення конструкції його вузлів.

Завдання дослідження, які вирішуються в роботі для досягнення покращення стабільності аеродинамічної характеристики:

- порівняти аеродинамічні характеристики сучасних конструкцій шахтних вентиляторів головного провітрювання;
- проаналізувати рух повітря в робочому колесі осевого вентилятора та існуючі теорії зриву, що обертається;
- виявити закономірності зміни параметрів потоку повітря в осевому вентиляторі;

- -дослідити фактори, що впливають на нестійкі режими роботи та розрив характеристики осьових вентиляторів;
- -розглянути поліпшені конструкції проточної частини вентилятора, які запропоновані в патентах;
- дослідити графіки кривих аеродинамічних характеристик, при використанні в конструкції пристроїв, які впливають на потік.
- -по результатам дослідження, запропонувати удосконаленню конструкцію з раціональними параметрами з покращеною стабільністю аеродинамічної характеристики.

Об'єкт досліджень – процес регулювання потоку повітря в робочому колесі осьового вентилятора головного провітрювання.

Предмет дослідження – вплив параметрів базової конструкції та сучасних конструкторських рішень на стабільність аеродинамічної характеристики та плавність роботи при експлуатації.

З ДОСЛІДЖЕННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА ВОД-30

3.1 Опис удосконаленої конструкції вентилятора ВОД-30

Для боротьби зі зривом потоку пропонується використати протизривні пристрої. Розглянемо це на пропонованій конструкції ВОД-30.

Запропонована покращена конструкція корпусу ВОД-30 доповнена протизривним пристроєм. Протизривний пристрій складається з обічайки, стінок, лопаток. Загальна кількість лопаток перед кожним ступенем – 45 штук, рівномірно розподілені на три секції корпусу ВОД-30.

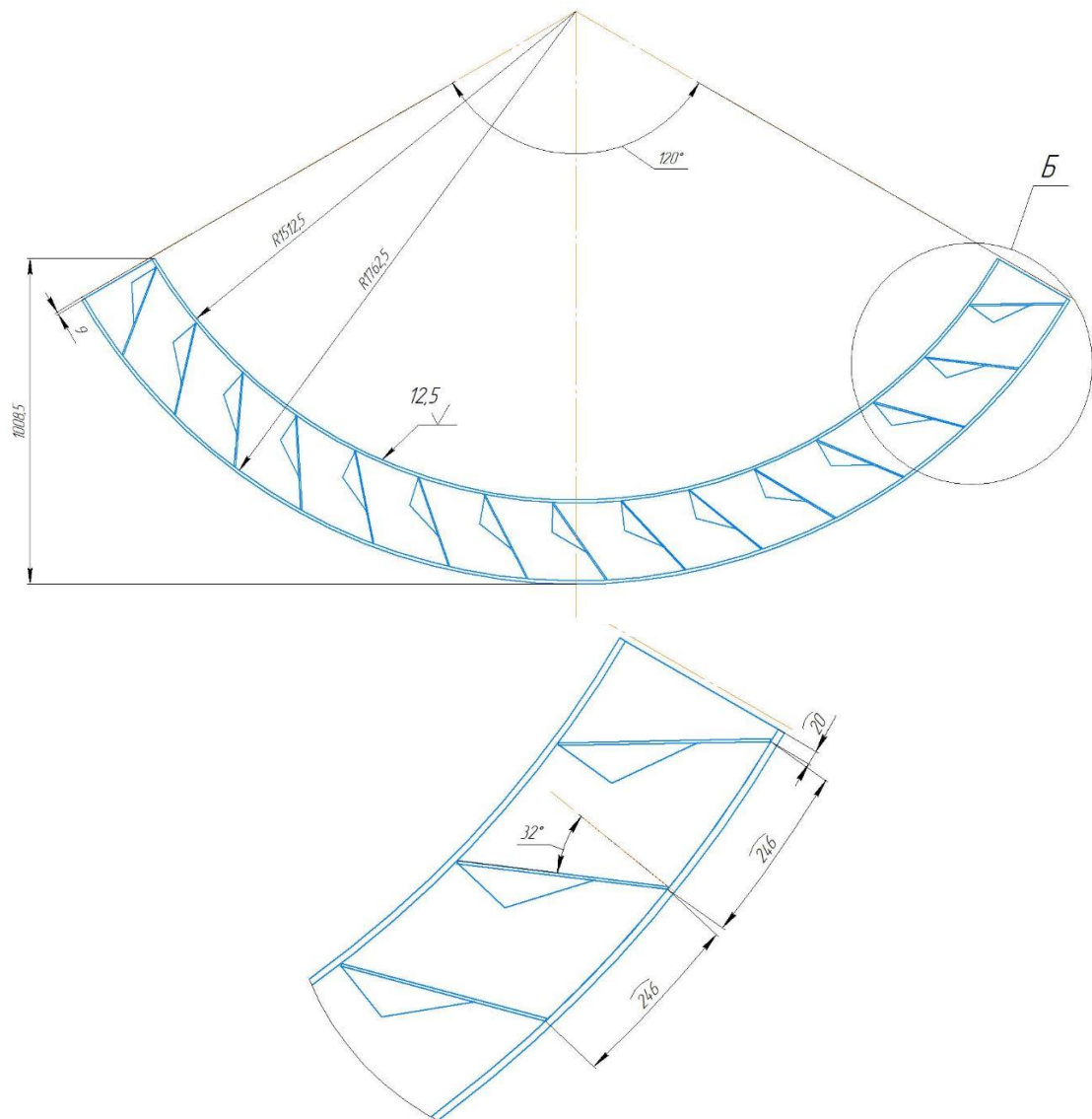


Рис. 3.1 - Протизривний пристрій

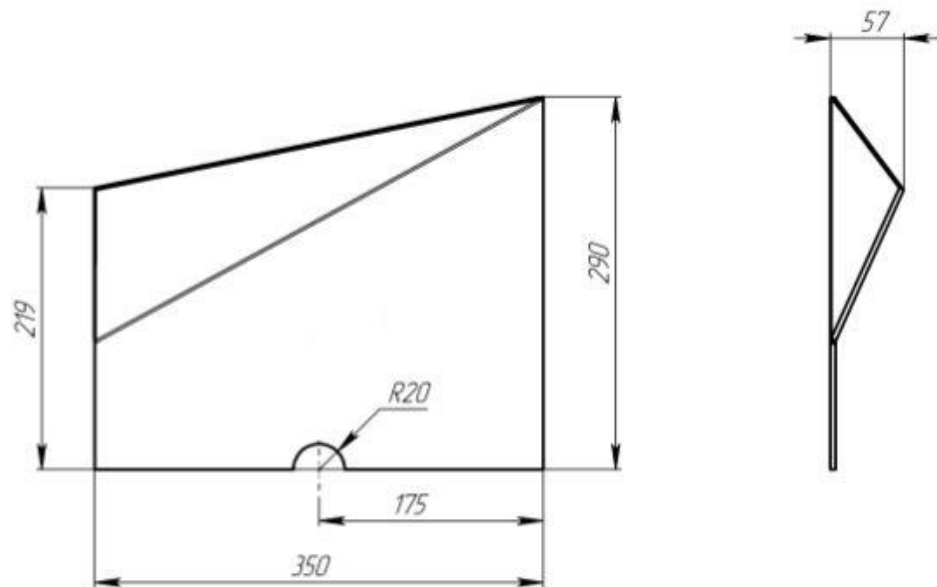


Рис. 3.2 - Лопатка протизривного пристрою

Лопатки виготовляються з нержавіючої сталі, товщиною 4мм, методом згинання та приварюються уривчастим швом по контуру стінок та обичайки під кутом 32 градуси.

Стінки виготовляють із Сталі Зсп5 з товщиною листа 16мм. Обичайку отримують методом вальцювання зі Сталі Зсп5 з товщиною листа 10мм.

Зварні шви вузла за ГОСТ 14771-76 зварювання дугове напівавтоматичне в захисному газі. Для приварювання лопаток застосовують нержавіючий дріт Св-08Х20Н9Г7Т. Протизривний пристрій після зварювання, для стабілізації внутрішньої напруги, піддається відпалу.

Для отримання площинності стінок зривного пристрою до 2,5 мм і стабільної геометрії виконують карусельну обробку внутрішнього діаметра і торців стінок.

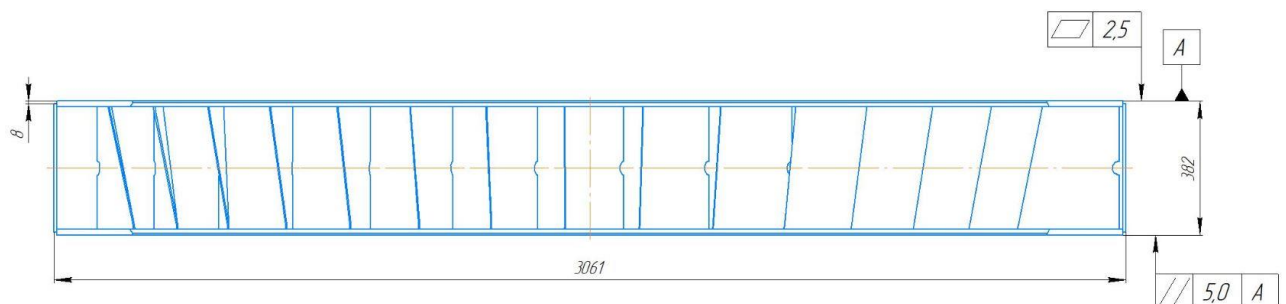


Рис. 3.3 - Вимоги щодо площинності та паралельності стінок протизривного пристрою.

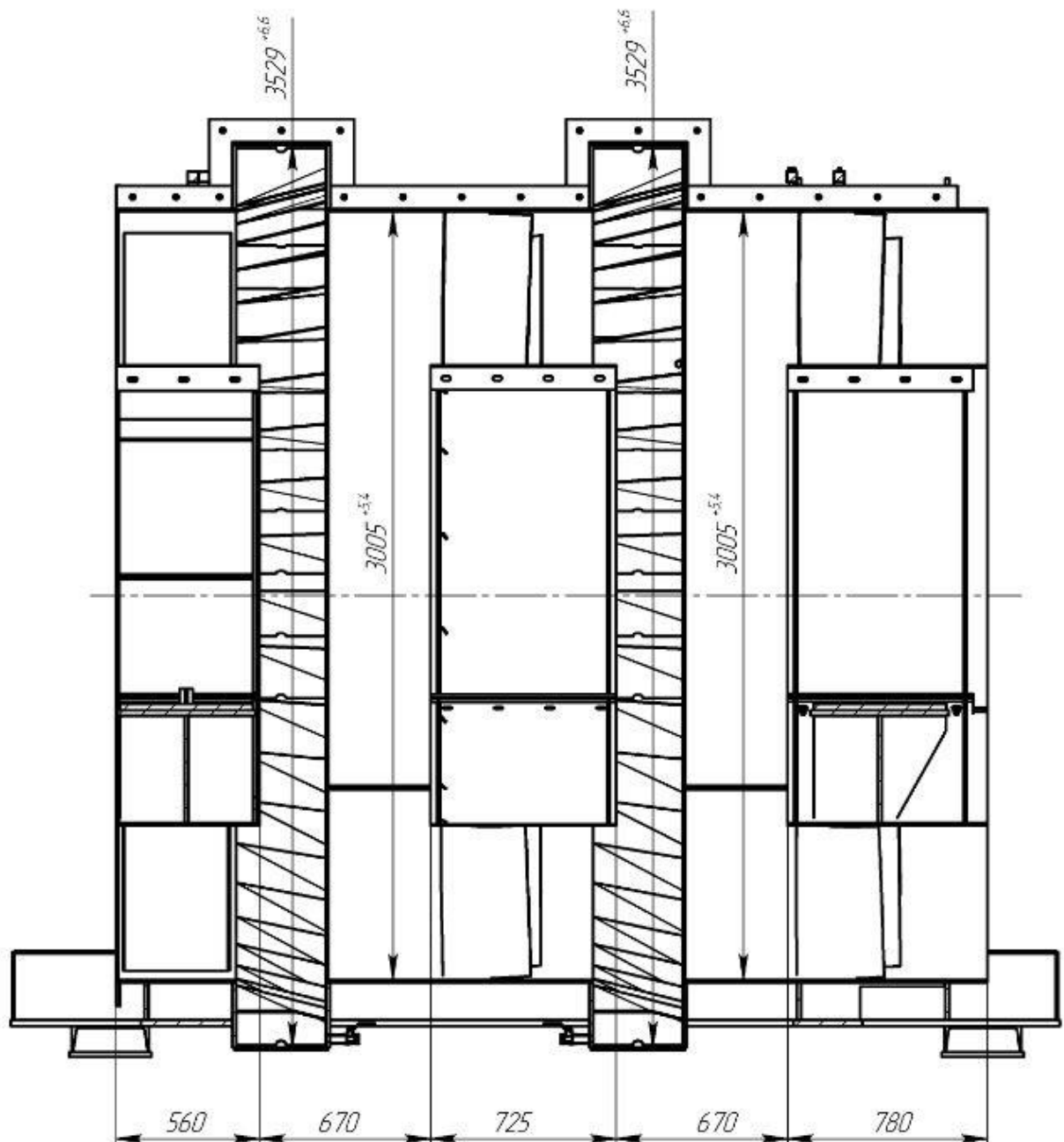


Рис. 3.4 - Корпус ВОД-30 з протизривним пристроєм.

Пристрій протизривний встановлюється в двох місцях корпусу ВОД-30, перед першим і другим ступенями робочого колеса вентилятора.

Зовнішня оболонка корпусу вентилятора ВОД-30 секцій нижньої, лівої та правої поділена двома протизривними пристроями на три частини.

Матеріал обечайок проточної частини вентилятора - Сталь Зсп5 і нержавіюча сталь, товщиною 4-10 мм.

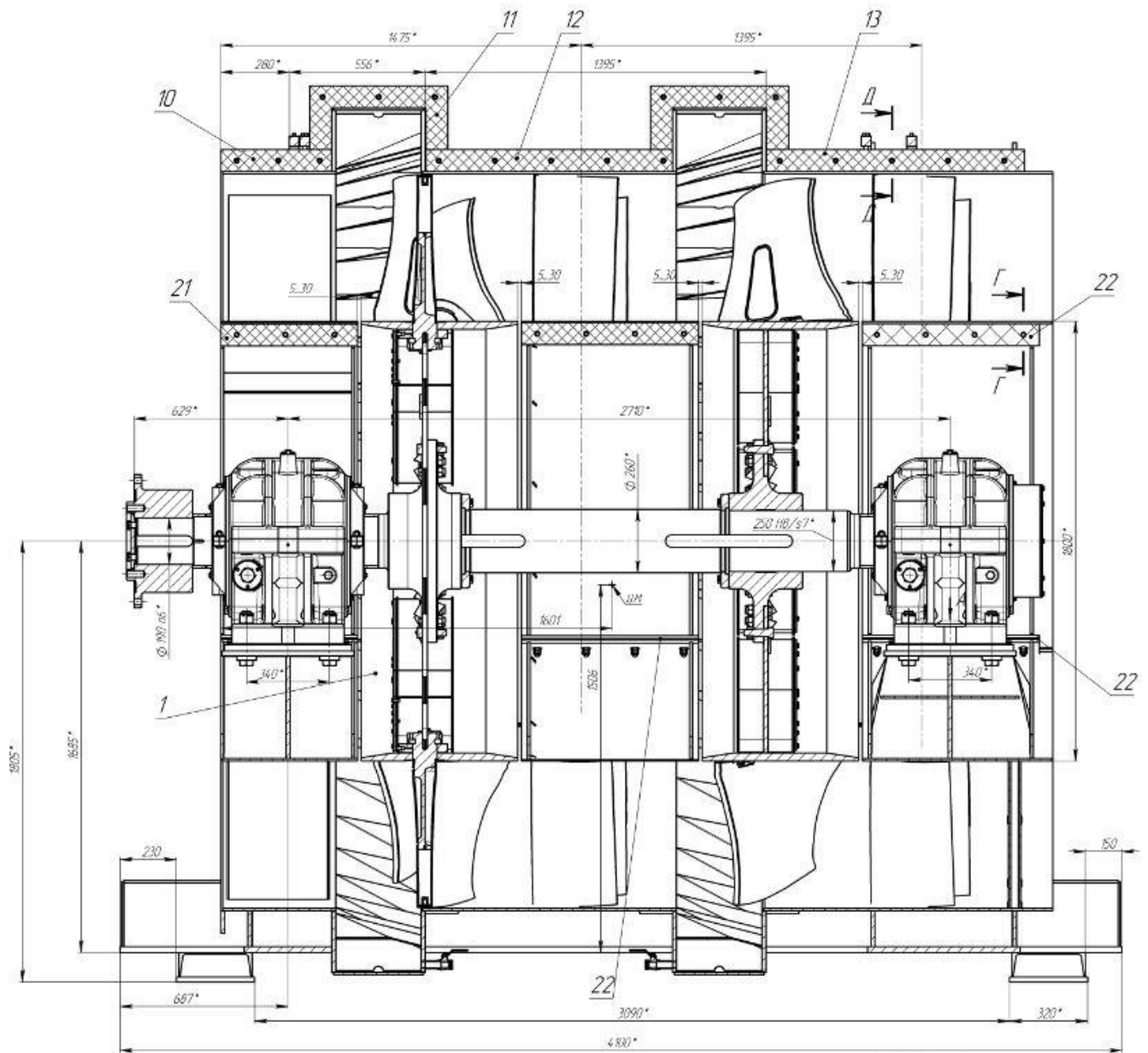


Рис. 3.5 - Корпус з противозривним пристроєм та ротором.

3.2 Методика досліджень.

Для досягнення мети магістерської роботи був проведений пошук і збір інформації в патентній базі, науковій літературі і публікаціях.

Виконано вивчення, обробка та систематизація отриманих з літератури і патентів, даних.

Виконано аналіз сучасних конструкцій шахтних вентиляторів головного провітрювання, порівняно їх аеродинамічні характеристики.

З'ясувано закономірності зміни параметрів потоку повітря в осьовому вентиляторі, що є важливим для вирішення практичних питань, пов'язаних із

проектуванням, розробкою конструкції вентилятора, його виготовленням та експлуатацією.

Виявлені фактори, що впливають на нестійкі режими роботи та розрив характеристики осьових вентиляторів.

Розглянуто існуючі в даний час ключові наукові теорії зриву, що обертається.

Проведено аналіз пристроїв, пропонуванних патентами для плавного ламінарного руху потоку та збільшення стабільності роботи осьового вентилятора.

Досліджено конструкції проточної частини осьових вентиляторів з покращеною аеродинамічною характеристикою, що пропонуються сучасними розробками.

Для візуалізації і уявлення результатів дослідження використано графіки кривих аеродинамічних характеристик.

По результатам проведенного дослідження запропоновано параметри конструкції з покращеною стабільністю характеристик, для практичного використання.

3.3 Дослідження удосконаленої конструкції вентилятора ВОД-30

Рух повітря у вентиляторі має складний просторовий характер. Потік повітря змінює параметри по ширині та колу колеса. Для спрощення тривимірну модель переміщення повітря замінюють на двомірну, яка зберігає основні властивості руху потоку повітря. При розгляді кінематики потоку вибирають швидкості частинок повітря поблизу вхідних і вихідних крайок лопаток. Величина прийнятих швидкостей – це середні значення швидкостей частинок кроку і ширині міжлопаткового простору. [5]

Зважаючи на складність руху потоку повітря, в каналах між лопатками робочого колеса вдаються до ідеалізації процесів, що відбуваються в робочому колесі. Уявне теоретичне робоче колесо, в якому вся енергія, що повідомляється електродвигуном, передається без втрат лопаткам.

Існує дві теорії - струминна та вихрова, при розгляді робочих процесів у колесі вентилятора. Струменева теорія більше придатна для відцентрових машин, а вихрова для осьових. Обидві теорії мають свої переваги, недоліки та припущення. Вихрова теорія є подальшим розвитком

струминної, стикаючись з останньою.

Потік, що проходить через робоче колесо, при його обертанні бере участь у переносному (разом з робочим колесом) та відносним рухом (щодо колеса), зі швидкостями u та ω .

Швидкість частинок повітря щодо нерухомого корпусу – абсолютна швидкість c .

$$c = u + \omega \quad (3.1)$$

u – переносна швидкість

$$u = \frac{2\pi r n}{60} \quad (3.2)$$

r – радіус робочого колеса.

n – частота обертання робочого колеса.

Кожна частка потоку повітря має складну траєкторію у зв'язку зі зміною напрямку швидкостей.

c_{u1} та c_{u2} – швидкості закручування потоку на вході та виході з робочого колеса.

Закручування потоку відбувається через дію вхідних кромek лопаток.

Розглянемо рух повітря в осьовому робочому колесі: потік рухається через колесо поступально, і одночасно закручуватиметься у напрямку обертання.

Розсічемо робоче колесо циліндричною поверхнею з радіусом r і виділимо кільцевий струмінь повітря товщиною Δr . Швидкість і тиск потоку в межах Δr можна вважати постійними, оскільки Δr незначна.

При розгортанні на площину циліндричної поверхні розрізу виходить плоска решітка профілів лопаток осьового колеса. Частинки повітря, що протікають через цю решітку, при обертанні робочого колеса вентилятора, беруть участь у відносному русі вздовж решітки (ω_1 – відносна швидкість на вході в решітку, ω_2 – відносна швидкість на виході з решітки) та переносному русі (з окружною швидкістю $u = \omega r$).

Проходячи через решітку потік повітря від взаємодії з лопатками викривляється, відносна швидкість змінює напрямок і відхиляється в бік обертання колеса. Скривлений потік можна замінити еквівалентним прямолінійним потоком зі швидкістю ω_{cp} .

$$\omega_{cp} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \quad (3.3)$$

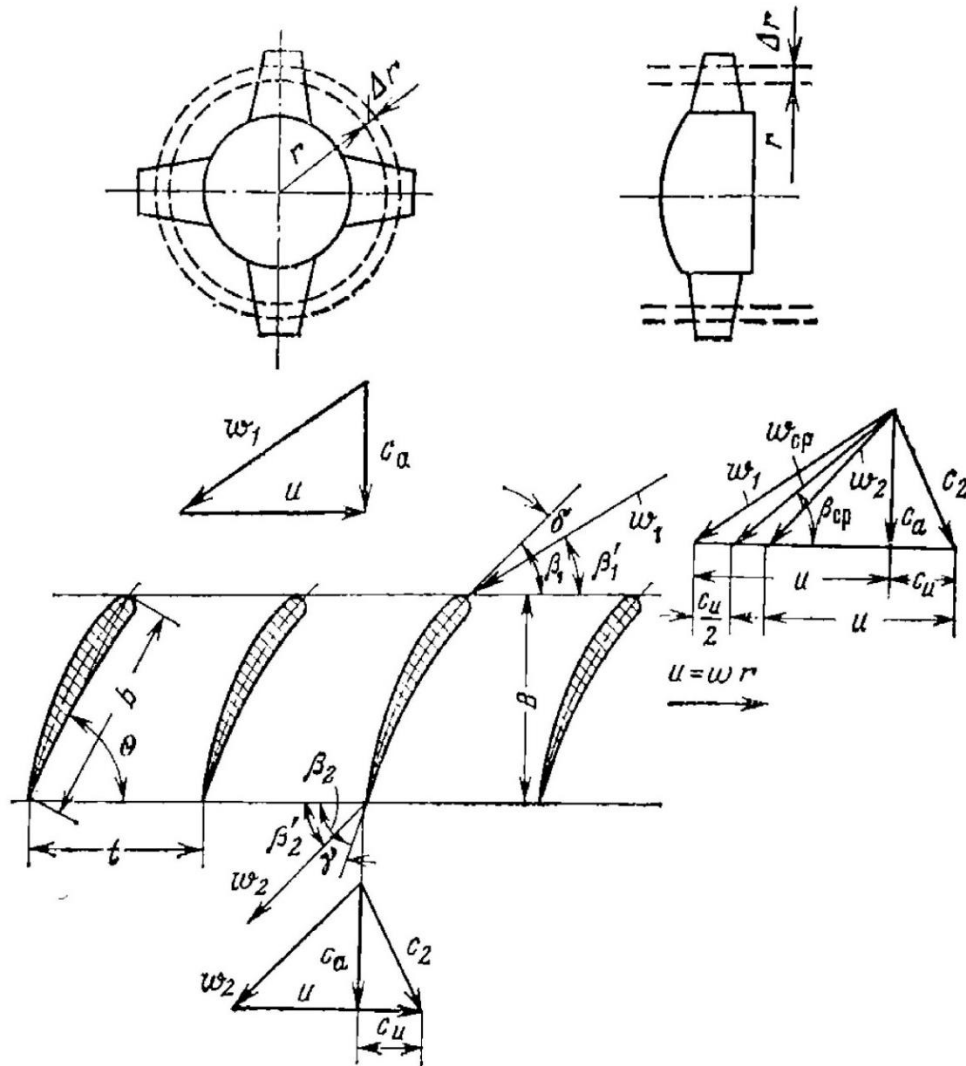


Рис.3.6 - Плани швидкостей частинок повітря осьового робочого колеса [5]

При суміщенні трикутників швидкостей на вході та виході частинок з решітки, одержують план швидкостей.

Теоретична продуктивність (подача) робочого колеса осьового вентилятора $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q_T = c_a \pi / 4 (D_2^2 - D_B^2) \quad (3.4)$$

c_a - швидкість з якою частинки рухаються вздовж осі робочого колеса.

D_2 - зовнішній діаметр колеса, м

D_B - діаметр втулки, м

З рівняння Л. Ейлера можна зрозуміти що передача енергії потоку повітря лопатками пов'язані з закручуванням потоку.

Теоретичний напор:

$$H_T = \frac{1}{g} (u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}), \text{ м} \quad (3.5)$$

Це рівняння має велике практичного значення, оскільки визначає взаємозв'язок теоретичного тиску з кінематикою потоку повітря, що проходить через робоче колесо. Рівняння Ейлера не застосовується для кількісних розрахунків, а дає лише якісну картину. Експериментальний напор завжди менше теоретичного. Однією з головних причин цієї різниці є наявність вихрового руху в каналах робочого колеса.

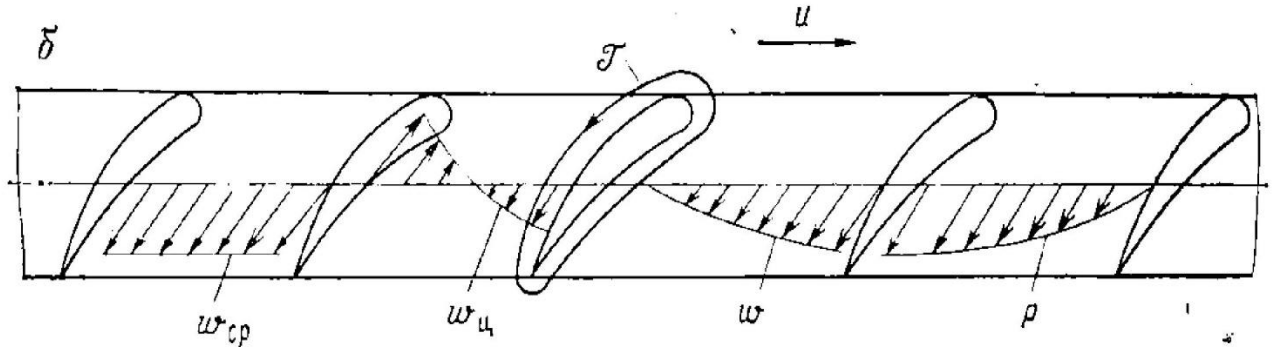


Рис.3.7 - Відносний рух у міжлопаткових каналах осьового колеса [5]

Циркуляція потоку навколо лопатки викликає сили взаємодії лопаток із потоком повітря. Теоретичний напір визначається циркуляцією навколо лопаток, їх числом та частотою обертання робочого колеса. [5]

$$H_T = \frac{\Gamma \omega}{2\pi} \quad (3.6)$$

Γ – сумарна циркуляція, що створюється робочим колесом.

$$\Gamma = 2\pi r(c_{u2} - c_{u1}) \quad (3.7)$$

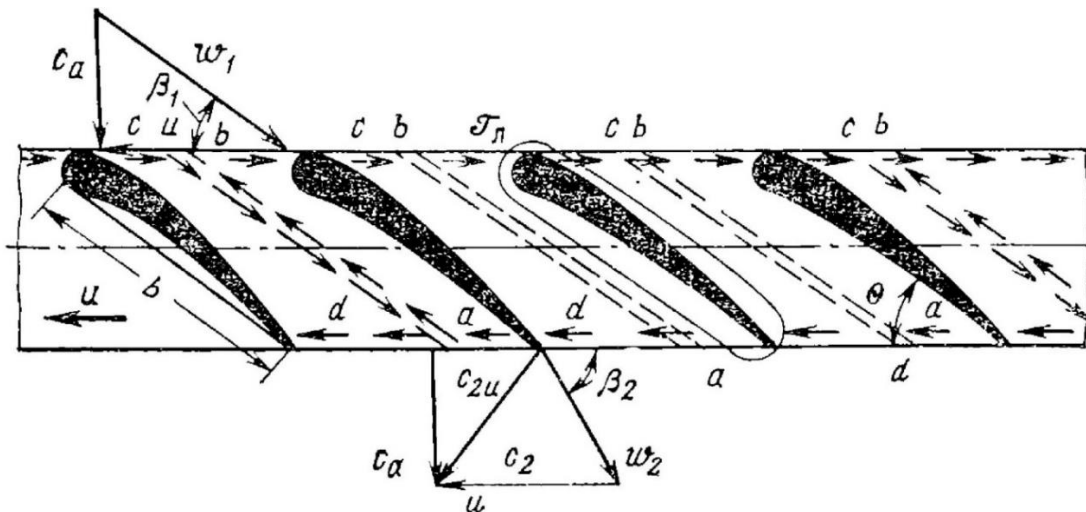


Рис. 3.8 - Циркуляція повітря навколо лопаток осьового колеса [5]

Реальна структура потоку у вентиляторі відрізняється від теоретичної схеми через в'язкість повітря, зазорів між лопатками та корпусом, лопатками та втулкою. Першопричиною порушення теоретичної

структури потоку є сили тертя. Вони з'являються на поверхні лопаток, корпусу ВОД, втулки робочого колеса. Швидкості у прикордонних шарах через силу тертя зменшуються, виникає нерівномірність потоку.

Конструктивні особливості елементів проточної частини впливають на течію потоку і на аеродинамічну характеристику вентилятора. З них основними є:

- зазор між лопатками та корпусом ВОД, між лопатками та втулкою;
- осьовий зазор між робочими колесами. Зближення лопаткових вінців сприяє збільшенню к.п.д.;
- наявність колектора, кока, їх форми;
- кручені та некручені лопатки. У робочому колесі з некрученими лопатками порушується структура течії потоку і проявляється зрив навіть за режиму максимального к.п.д., через невідповідність геометрії лопаток до параметрів потоку;
- радіальні зазори між лопатками робочого колеса та межами проточної частини;
- форма сполучення лопаток з втулкою. Плавне сполучення призводить до зменшення втрат тиску, підвищення к.п.д.;
- спосіб кріплення лопатки на втулці;
- герметичність діафрагм робочих коліс.

Плавна форма колектора та кока забезпечують найкращі умови для входу потоку повітря у вентилятор. Залежно від різного компонування вентиляторів та за технологічними умовами, вони можуть виконуватися різної форми або бути відсутніми.

У конструкції вентилятора ВОД-30 є обов'язковою умовою застосування колектора та кока на вході потоку у вентилятор. При несприятливій формі кока або його відсутності виникає відривна течія, що впливають на характеристику вентилятора. Найкращою формою кока є напівсфера, діаметр якої дорівнює діаметру втулки робочого колеса. Наведено результати впливу колектора та кока на аеродинамічну характеристику.

За відсутності кока відбувається зрив потоку по всьому периметру втулки на вході в робоче колесо першого ступеня, потім зрив потоку поширюється далі на вхід у робоче колесо другого ступеня та на виході з колеса. Достатньо велика притулочна частина робочого колеса знаходиться в зривному потоці на вході. Відбувається зсув режиму розриву характеристики

в зону, де продуктивність менше.

Ще різкіше впливає на характеристику форма колектора чи його відсутність. Так як при цьому зона зриву поширюється на периферійну ділянку проточної частини, яка має велику протяжність зони відриву потоку. Зона відриву потоку виключає більшу частину проточної частини нормальної роботи, ніж у втулки колеса.

Найбільш кращою є форма колектора по дузі кола або лемніскаті. На вході колектор виконують закруглення, яке плавно сполучається з радіусом колектора.

Відсутність колектора, при наявності кока поз.3 Рис. 3.10 веде до різкого зменшення к.к.д. та тиску во всій області робочих режимів.

Відриви потоку на вході можуть проходити досить далеко через робочі колеса.

При зменшенні кута установки лопаток, вплив відсутності кока та колектора зменшується, так як при кутах установки лопаток значно менше розрахункових, у лопатковому вінці виникають розвинені відриви потоку із зворотними течіями.

У вентиляторі ВОД-30 встановлені кручені лопатки. Використання профільованих кручених лопаток збільшує коефіцієнт корисної дії до 10 відсотків і більше. Застосування некручених лопаток призводить до порушення структури ламінарної течії потоку. У зв'язку з невідповідністю геометрії лопаток параметрам потоку виникає відрив потоку навіть за режиму максимального ккд. Крім того некручені лопатки мають знижену віброміцність щодо кручених.

На складний перебіг потоку в периферійній частині лопаткового вінця впливають такі фактори:

- різниця тисків між поверхнями лопатки, коли потік прагне потрапити в область зниженого тиску;
- лопатки рухаються щодо корпусу;
- під дією відцентрових сил переміщається прикордонний шар повітря лопаткою у напрямку периферії.

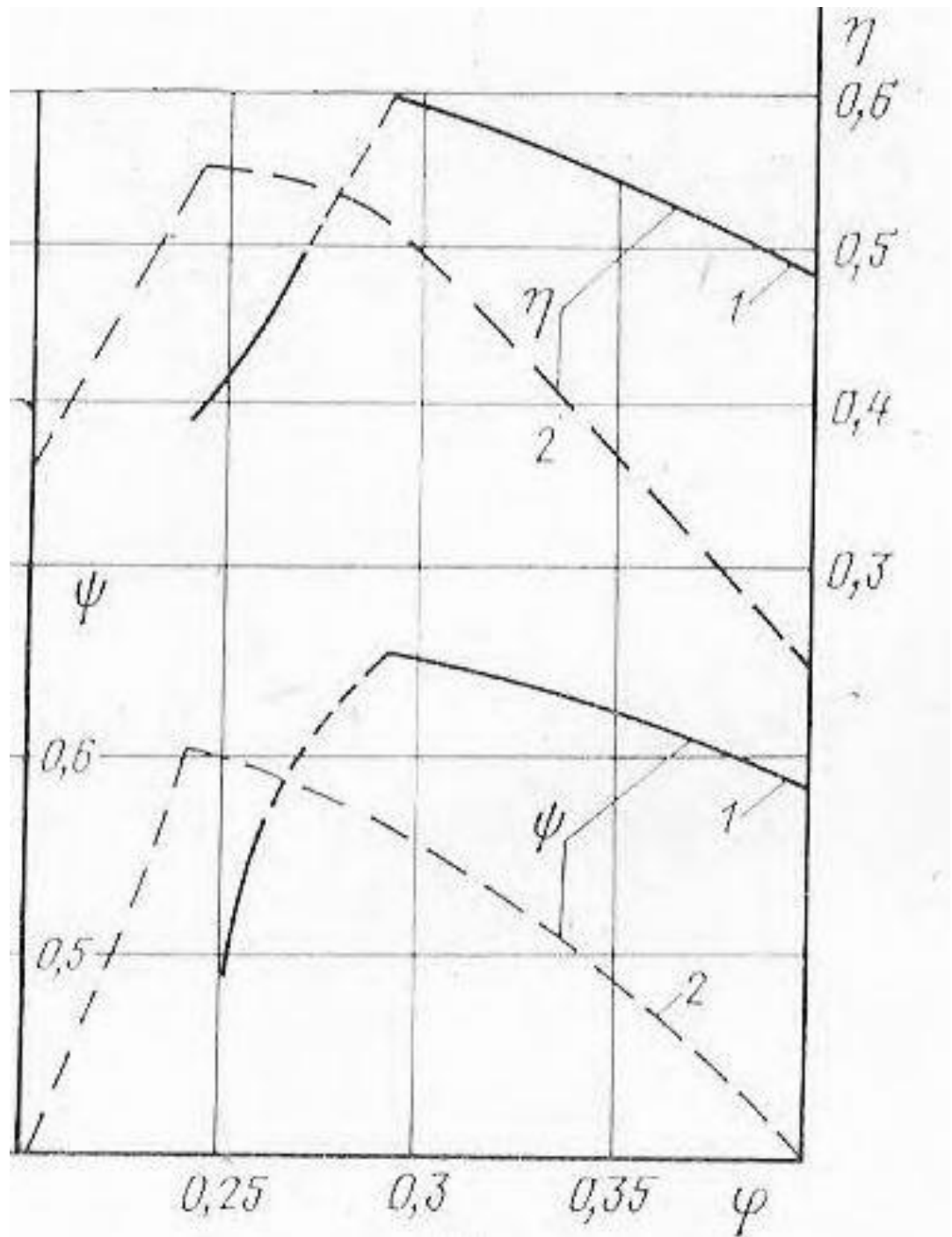


Рис. 3.9 - Вплив кока на характеристику. [4]

1 – з коком

2 – без кока

φ - коефіцієнт продуктивності вентилятора

Ψ - коефіцієнт повного тиску

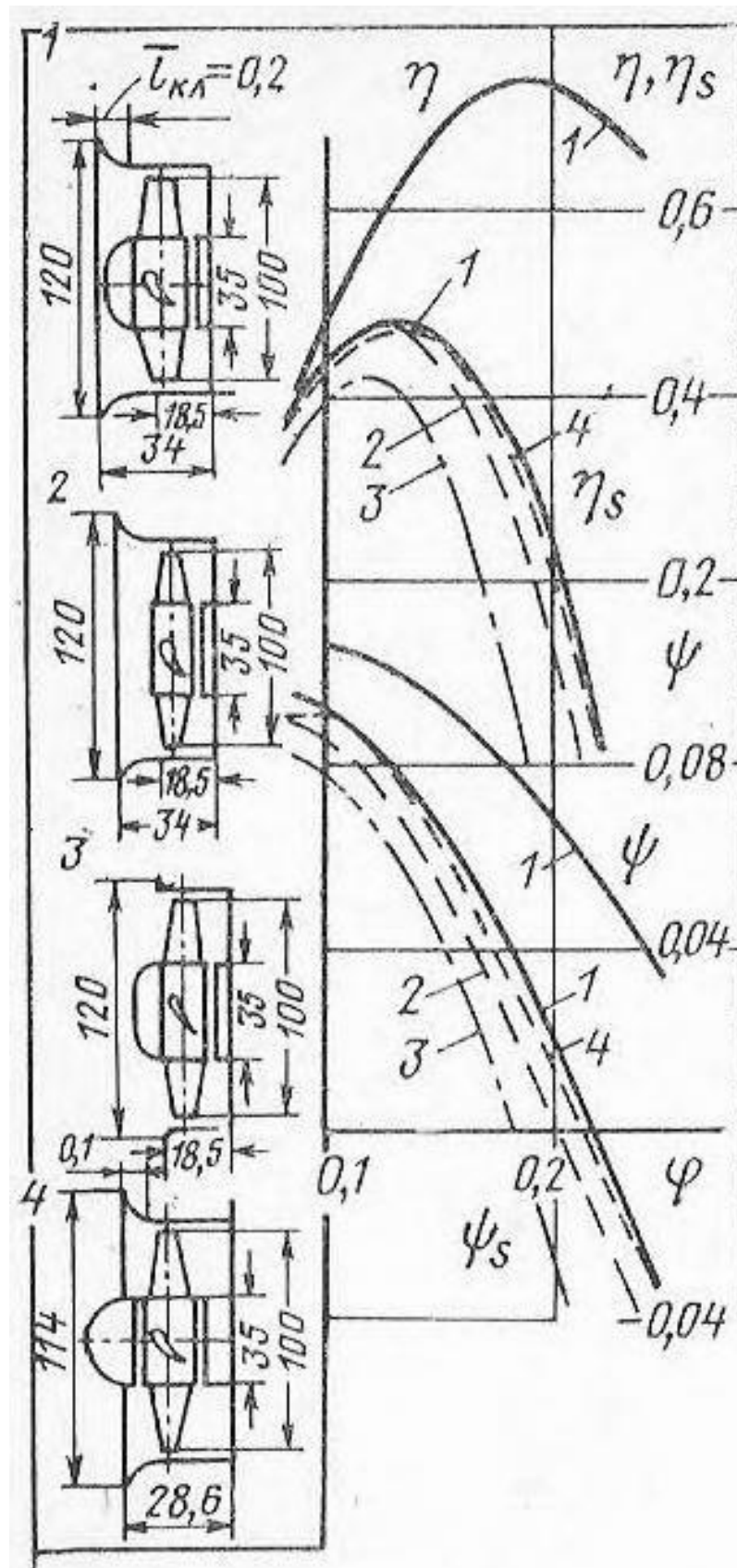


Рис. 3.10 - Вплив колектора та кока на аеродинамічну характеристику.[4]

1,4 – з колектором та коком

2 – без кока

3 – без колектора

При цьому у робочому колесі відбуваються значні втрати тиску.

Аеродинамічна характеристика вентилятора залежить від зміни величини зазору між лопатками робочого колеса і оболонкою корпусу ВОД-30. Потік перебудовується по всій довжині лопатки за зміни цього зазору.

Зі збільшенням зазору зростає втрата тиску з боку нижньої поверхні лопатки. Може статися повний відрив потоку, який охоплює весь крок решітки. Максимальний коефіцієнт корисної дії робочого колеса зменшується на 3 відсотки за кожен відсоток збільшення зазору, відбувається звуження області робочих режимів вентилятора за продуктивністю.

Режими роботи вентилятора ВОД-30 регулюються поворотом лопаток.

Для запобігання заклинювання лопаток мінімальний рівномірний зазор у корпусу повинен бути при найменшому куту установки лопаток, а зазор у втулки навпаки при найбільшому.

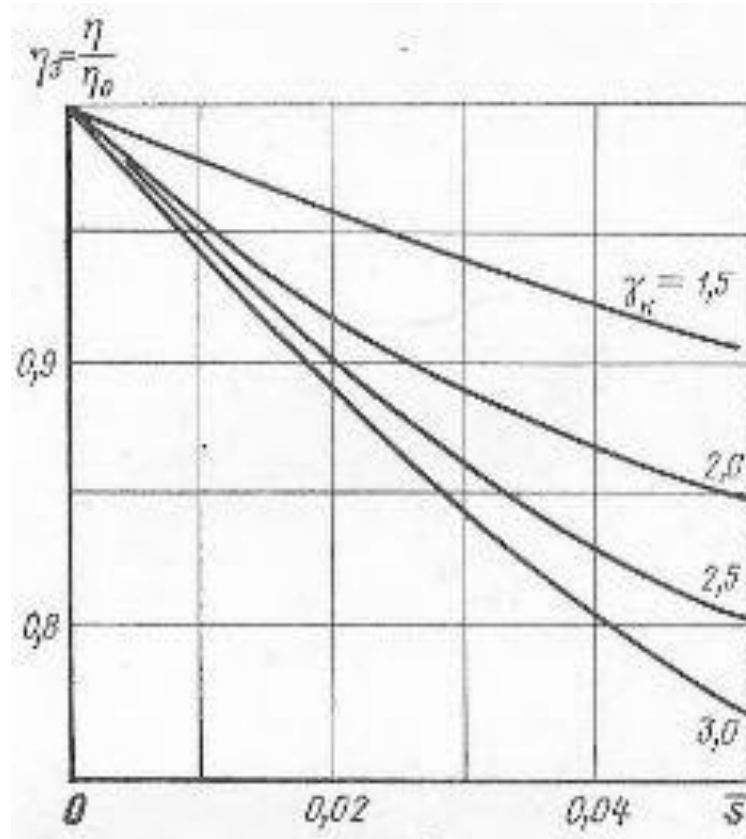


Рис. 3.11 Вплив радіального зазору на ккд вентилятора ВОД.[4]

s – зазор між лопатками робочого колеса і оболонкою корпусу

η – коефіцієнт корисної дії

Вентилятор ВОД-30 має профільні лопатки, що знімаються, режими вентилятора регулюються поворотом лопаток. Тому завжди існує зазор між лопаткою та втулкою. Результати дослідження на Рисунок 3.12. Зазор

призводить до зменшення витрати в привтулковій ділянці, збільшення втрат тиску.

Зазор між лопаткою та втулкою призводить до зсуву режиму розриву аеродинамічної характеристики в область меншої продуктивності. При збільшенні зазора до 1,5 відсотка, зменшується к.к.д. на 3 відсотка.

До вирівнювання потоку та зменшення втрат тиску веде усунення зазору між лопатками та втулкою. Плавне сполучення лопаток із втулкою з боку верхньої опуклої поверхні лопатки веде до підвищення ккд.

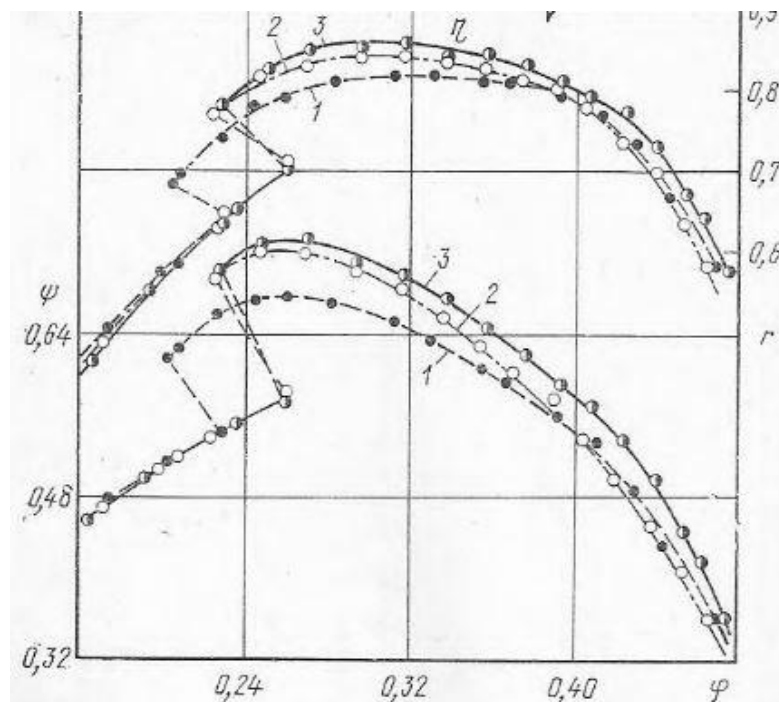


Рис. 3.12 - Вплив на характеристику зазору між лопаткою та втулкою робочого колеса. [4]

- 1 – зазор між лопатками та втулкою
- 2 – без зазору між лопатками та втулкою
- 3 – без зазору з плавним переходом на опуклій стороні лопаток біля втулки

Вплив осьового зазору між лопаточними венцями на характеристику.

Результати досліджень показують що наближення лопаточних венцов один до одного збільшує к.к.д.

l_1 - величина осьового зазору між лопатками робочого колеса і прямого апарата;

l_2 - величина осьового зазору між лопатками робочого колеса і спрямляючого апарата.

Зменшення проміжків на 0,1..0,2 призводить до збільшення к.п.д на 1відсоток. А збільшення цих зазорів понад 0,5...0,7 може призводити до зменшення к.п.д. до 1,5 відсотка.

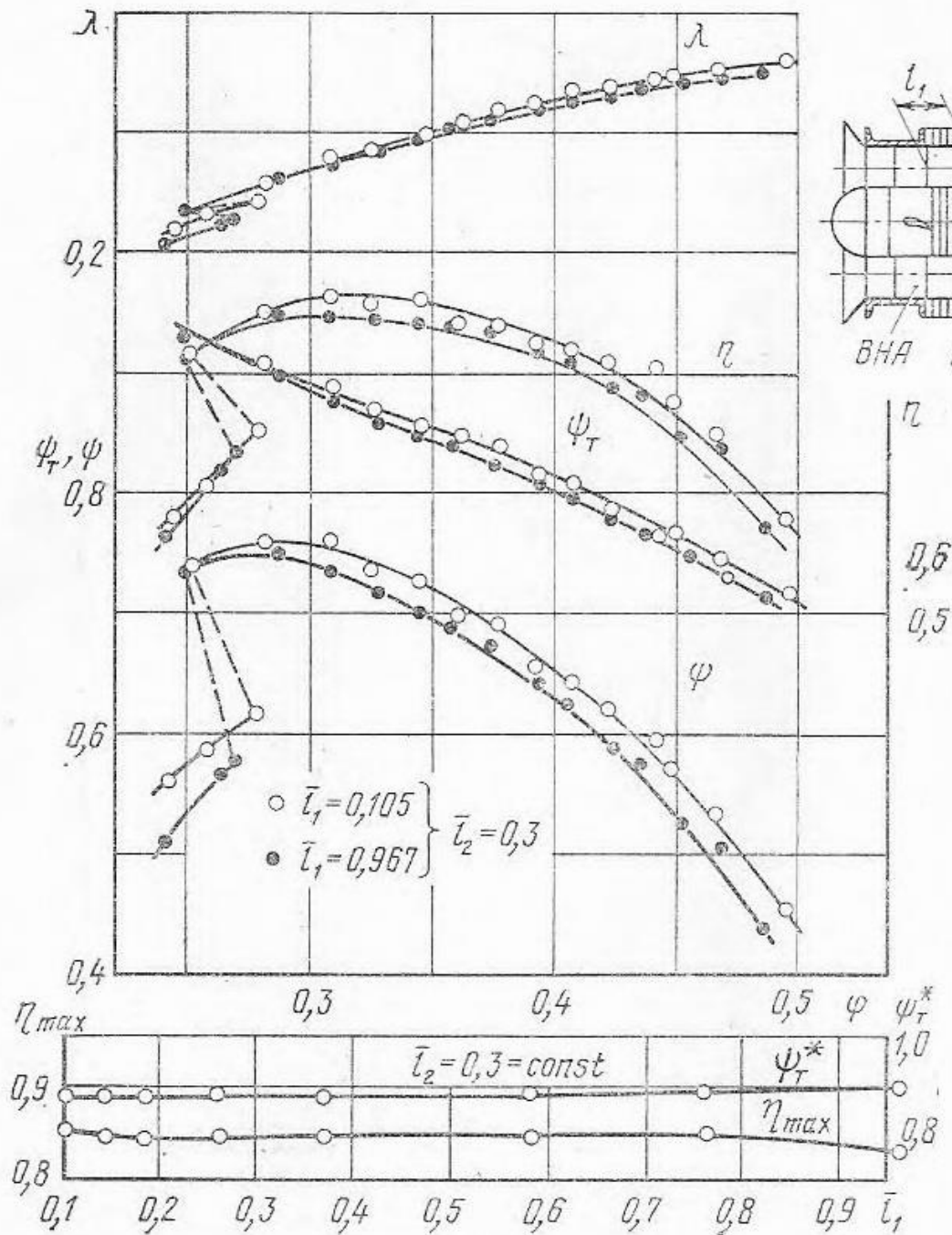


Рис. 3.13 - Вплив на характеристику осьових зазорів [4]

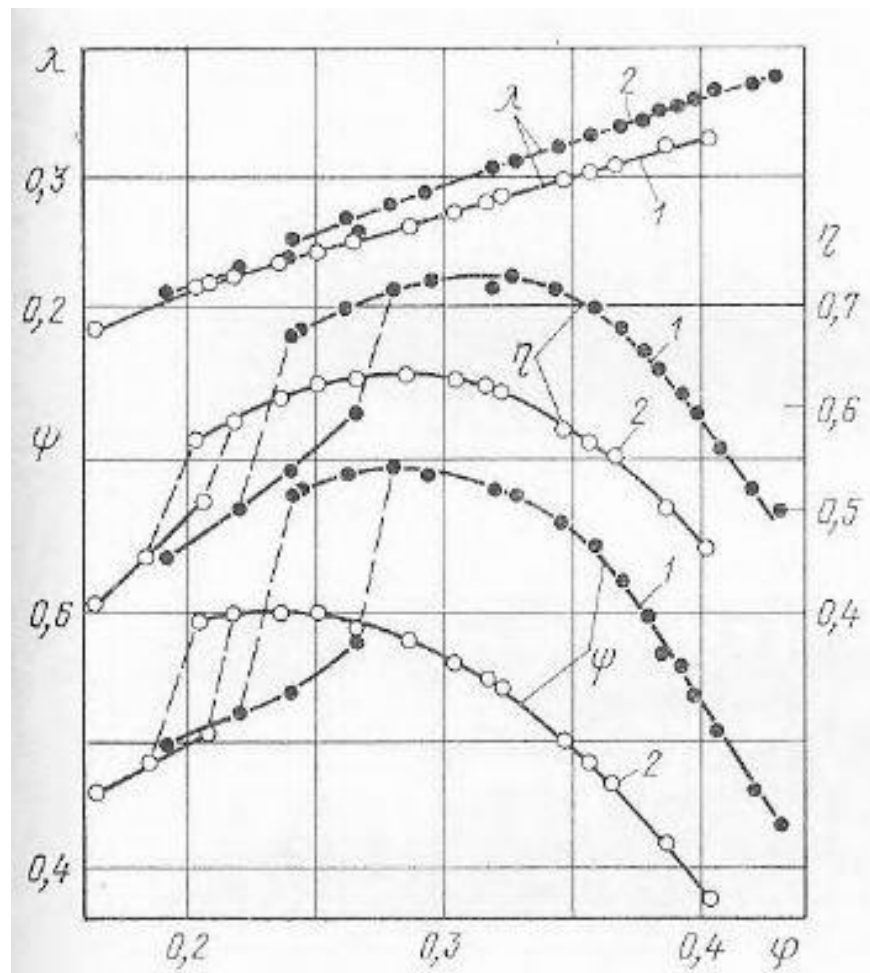


Рис. 3.14 - Вплив на характеристику негерметичності ступці робочого колеса [4]

Втулка колеса вентилятора ВОД-30 виконується герметичною, в ній неприпустимі отвори, так як виникають хаотичні течії потоку через перепад тисків перед і за робочим колесом, що може призвести до зменшення ккд. Як видно на прикладі Рис.3.14, два отвори діаметром 28мм у маточині робочого колеса викликають зменшення ккд на 14 відсотків. Наявність негерметичності призводить до зміщення точки розриву аеродинамічної характеристики в зону меншої продуктивності на 15 відсотків.

Навіть незначні уступи в проточній частині призводять до утворення місць відриву потоку, а також зменшення напору і ккд. Допускається збільшення зовнішніх та зменшення внутрішніх діаметрів лише за напрямом потоку повітря.

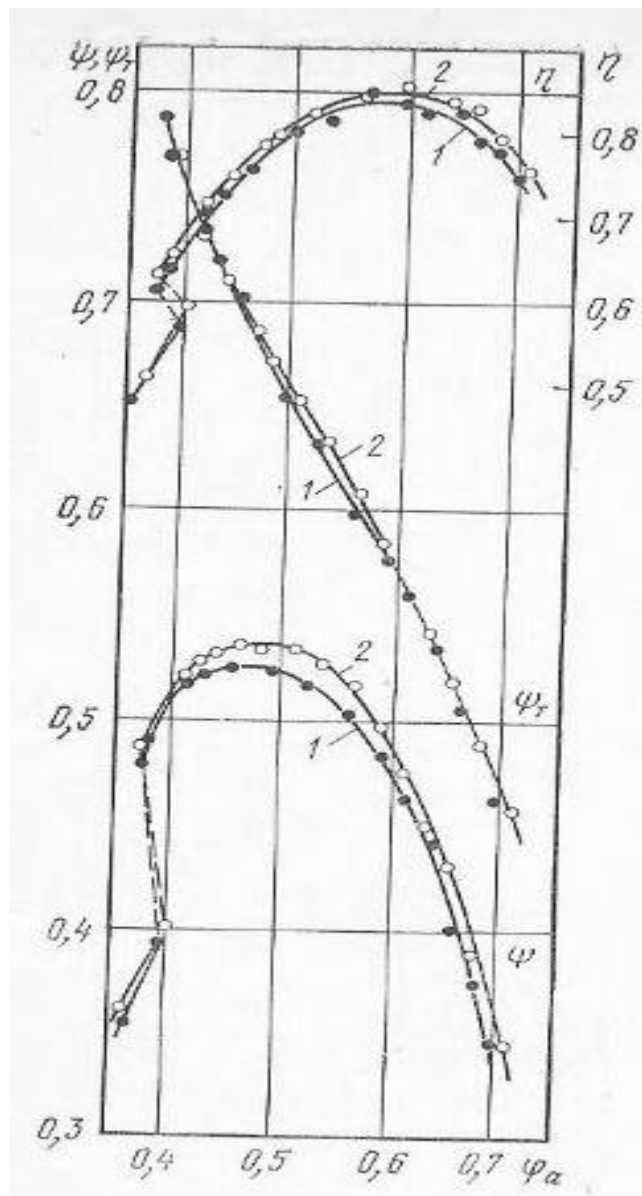


Рис. 3.15 - Вплив стану поверхні втулки на характеристики [4]

ϕ – коефіцієнт продуктивності вентилятора

Ψ – коефіцієнт повного тиску

λ – коефіцієнт потужності

η – коефіцієнт корисної дії

При дослідженнях на характеристиці осьового вентилятора зникала западина і збільшувався к.к.д., якщо на робочому колесі задні кромки лопаток були висунуті за межі корпусу ВОД. Це було прообразом розроблених щілинних пристроїв сучасного осьового вентилятора. [3]

Зони зриву видаляються через щілину у зовнішній оболонці корпусу вентилятора. Тиск у щілині має бути меншим, ніж у зонах, де виникає зрив.

В результаті випробувань щілинних пристроїв пропонуються розміри

щілини: ширина – 22...35 відсотків від проекції хорди профілю лопатки перерізу на периферії на вісь вентилятора. Передню кромку протизривного пристрою слід розташовувати в поперечній площині, яка проходить через вхідні кромки лопаток (Рис.3.16).

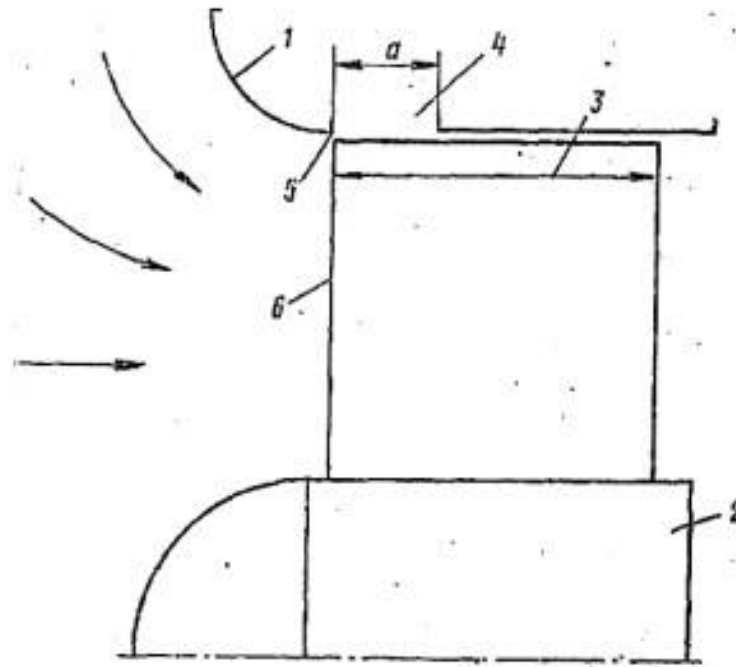


Рис. 3.16 - Схема щілинного пристрою [3]

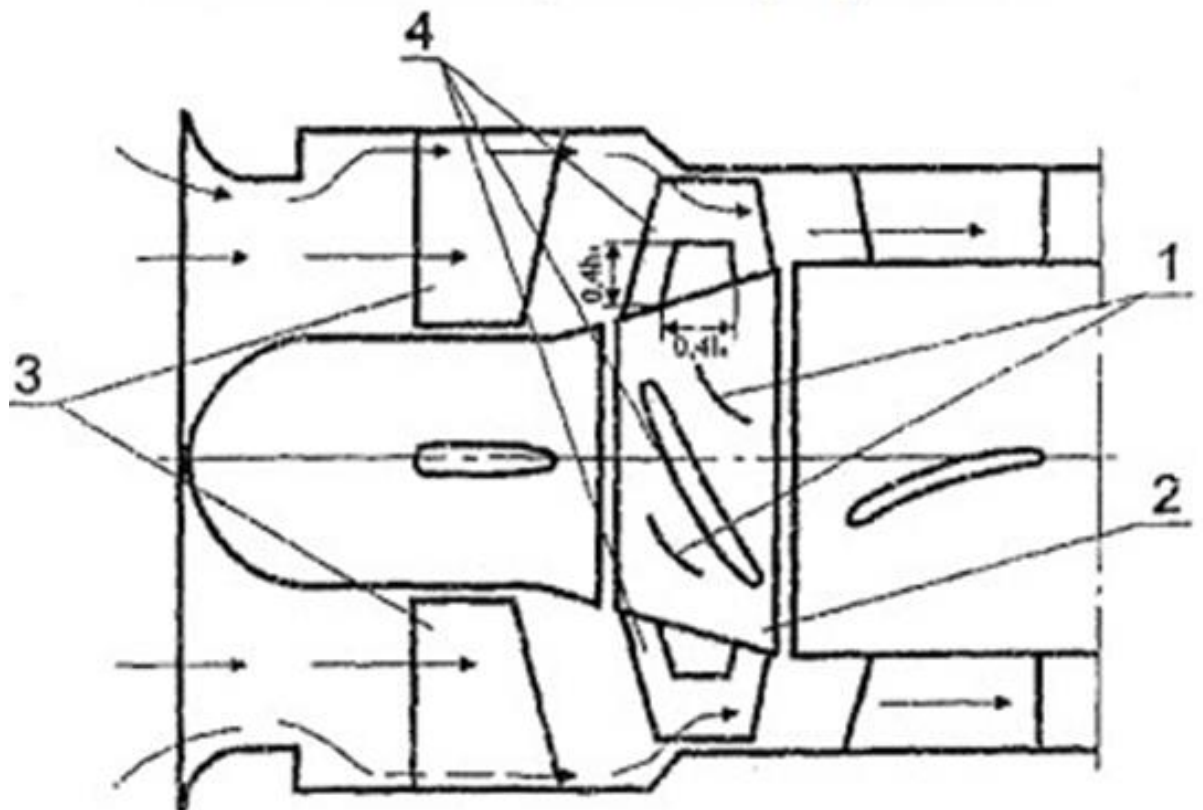


Рис. 3.17 -Схема протизривного пристрою. [3]

Розглянемо конструкцію протизривного пристрою.

Встановлюються тонкі пластини як розсікачі між лопастями робочого колеса. Пластини мають вигнутий профіль. Їх кути входу та виходу відповідають напрямку потоку повітря. Розмір хорди пластин дорівнює 0,4 від хорди лопасті направляючого апарату вентилятора (Рис. 3.17).

Хорда пластин дорівнює 0,4 хорди лопасті 3 направляючого апарату, а їх висота дорівнює 0,4 висоти цієї лопасті.

Ці тонкі пластини локалізують зворотний потік у зонах зриву та розкручують його до осьового напрямку. Внаслідок чого різко зменшується взаємодія зворотного та основного потоків повітря, що виключає розвиток на довжині лопаті зони відриву. (Рис. 3.18). [3]

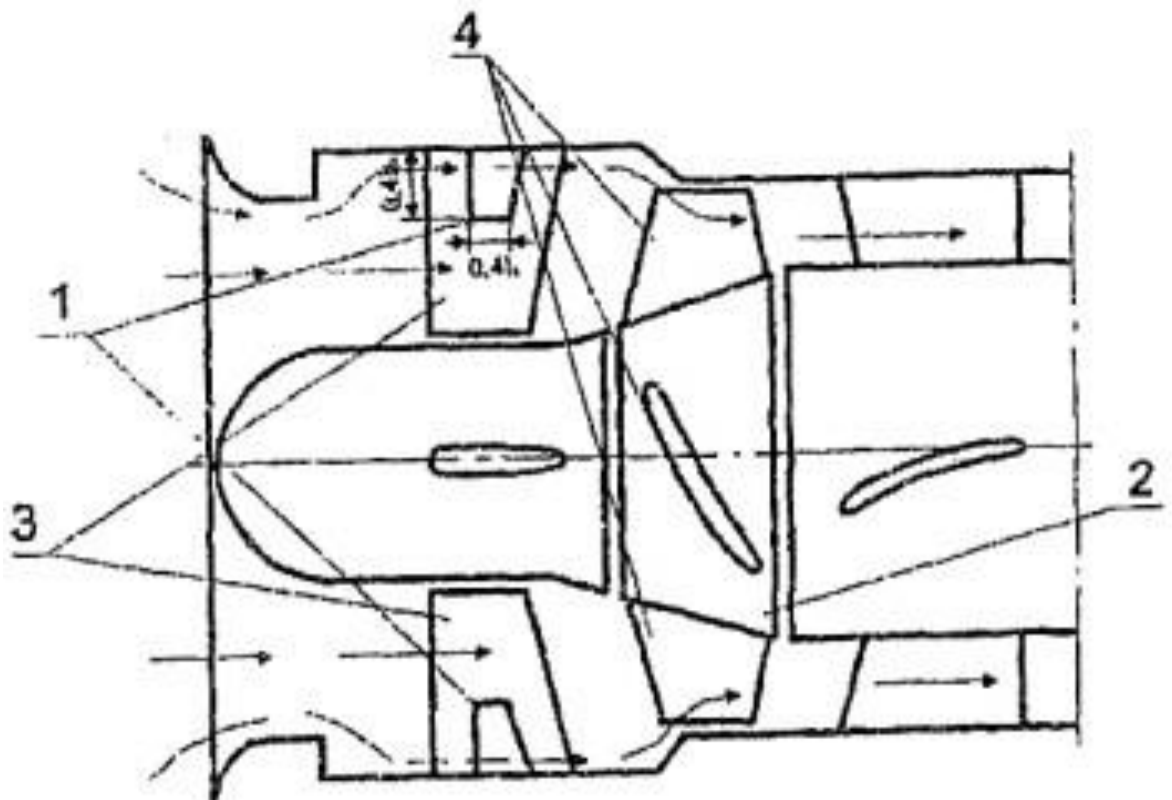


Рис. 3.18 - Протизривний пристрій осьового вентилятора.[3]

Порівняння характеристик вентилятора ВОД-30 (Рис. 3.19). Розміри щілини протизривного пристрою частках діаметра робочого колеса.

1- з двома сепараторами

2- зі щілиною над першим колесом та сепаратором над другим колесом

3- без протизривного пристрою

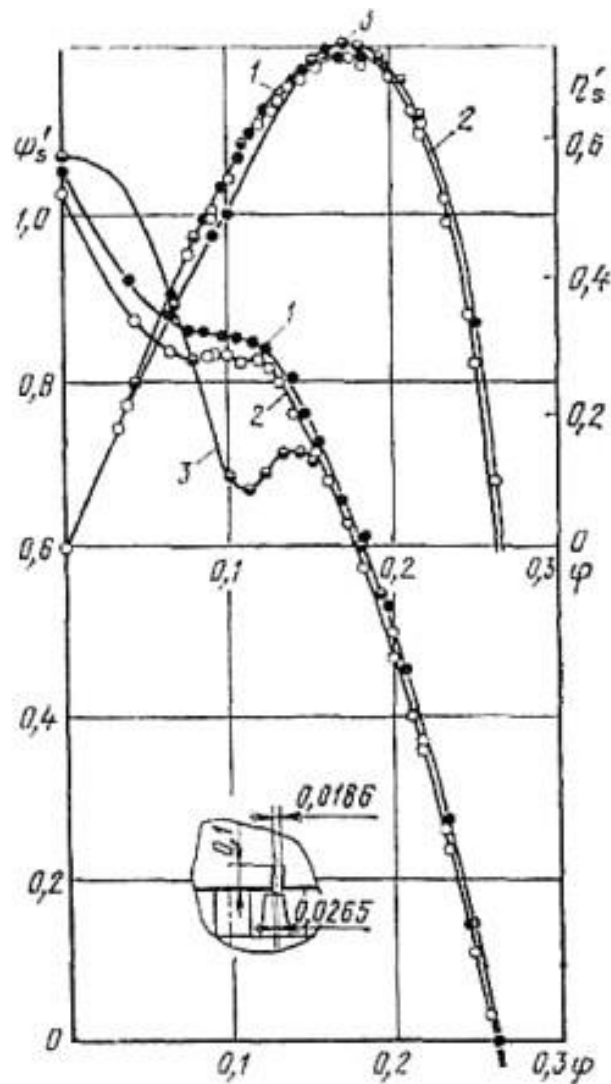


Рис. 3.19 - Порівняння характеристик осьового вентилятора.[3]

Протизривний пристрій ефективно працює, коли мережа розташовується на стороні нагнітання. Коли тиск, де виникають зривні зони більше, ніж там, куди вони надходять, через щілину в корпусі ВОД можна видалити зривні зони. Коли мережа розташована на боці нагнітання, тиск на стінки корпусу змінюється від меншого до більшого порівняно з тиском за корпусом. Існує місце при певних режимах роботи, коли тиск в області лопаток дорівнює тиску в навколишньому просторі. При цьому витрати повітря через щілину корпусу дорівнюють нулю і такий режим буде з максимальним к.к.д. Зони зриву, що обертається, при максимальному тиску на стінках корпусу будуть видалятися завдяки щілини - досягається автоматичність стійкої роботи.

Перспективним для боротьби зі зривом є вирішення завдання застосування в конструкції вентилятора схеми робоче колесо плюс

спрямовуючий апарат. Спрямовуючий апарат використовується для мінімізації втрат тиску, що виникає за робочим колесом через закрутку потоку. Лопатки спрямовуючого апарату підкручують потік у напрямку обертання лопат робочого колеса. При реверсуванні потоку спрямовуючий і напрямний апарати змінюють своє призначення.

3.4 Результати досліджень.

Явлення, пов'язані з утворенням розриву на аеродинамічній характеристиці осьових вентиляторів, ще повною мірою не вивчені. Це уповільнює розвиток технологій, що дозволяють отримувати стабільні аеродинамічні характеристики.

На стабільність аеродинамічної характеристики вентилятора впливають конструктивні особливості елементів проточної частини.

Суттєво впливає наявність колектора, його форми. Відсутність колектора, при наявності кока веде до різкого зменшення к.к.д. та тиску во всій області робочих режимів.

При відсутності кока відбувається зсув режиму розриву характеристики в зону, де продуктивність зменшується на 15 відсотків.

У робочому колесі з некрученими лопатками порушується структура течії потоку і проявляється зрив. Використання профільованих кручених лопаток збільшує коефіцієнт корисної дії до 10 відсотків і більше.

Максимальний коефіцієнт корисної дії робочого колеса зменшується на 3 відсотки за кожен відсоток збільшення радіального зазору між лопатками робочого колеса та обічайкою корпусу вентилятора.

При збільшенні зазора між лопаткой та втулкой до 1,5 відсотка, зменшується к.к.д. на 3 відсотка.

Плавне сполучення лопаток із втулкою з боку верхньої опуклої поверхні лопатки веде до підвищення ккд на 5-10 відсотків

Зближення лопаткових вінців сприяє збільшенню к.п.д.

Розкрито закономірності течії потоку повітря через проточну частину осьового вентилятора на основі струминної та вихрової теорій. Вивчено патенти в області ламінарного руху потоку повітря та пропоновані ними конструкції вузлів осьового вентилятора для зменшення вібрації, шуму, випрямлення потоку повітря в осьовому напрямку, зменшення зриву та помпажу.

До методів зменшення обертового зриву і помпажу відносяться застосування лопаткових та повітряних сепараторів, щілинних та протизривних пристроїв.

Розглянуто конструкції лопаткового, повітряного сепаратора, вплив дефлектора на процеси, що протікають у робочому колесі, досліджено конструкцію щілинного та протизривного пристроїв.

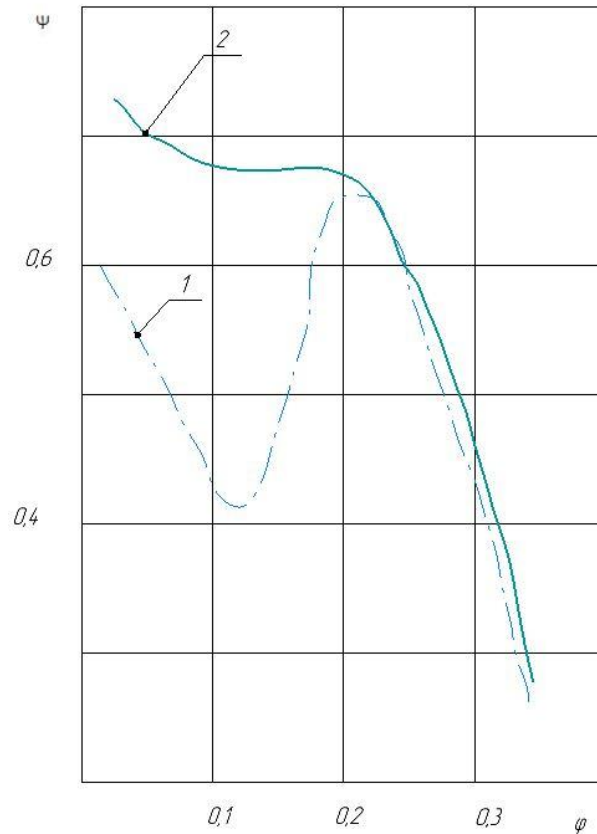


Рис. 3.20 - Вплив повітряного сепаратора на характеристику вентилятора. [4]

1-без повітряного сепаратора, 2 - з повітряним сепаратором

ϕ – коефіцієнт продуктивності вентилятора

Ψ – коефіцієнт повного тиску

Передню кромку протизривного пристрою слід розташовувати в поперечній площині, яка проходить через входні кромки лопаток робочого колеса. Пластини протизривних пристроїв локалізують зворотний потік у зонах зриву та розкручують його до осевого напрямку. Внаслідок чого потік повітря набуває більш ламінарного характеру, зникає западина на аеродинамічній характеристиці, збільшується продуктивність і к.к.д. осевого вентилятора.

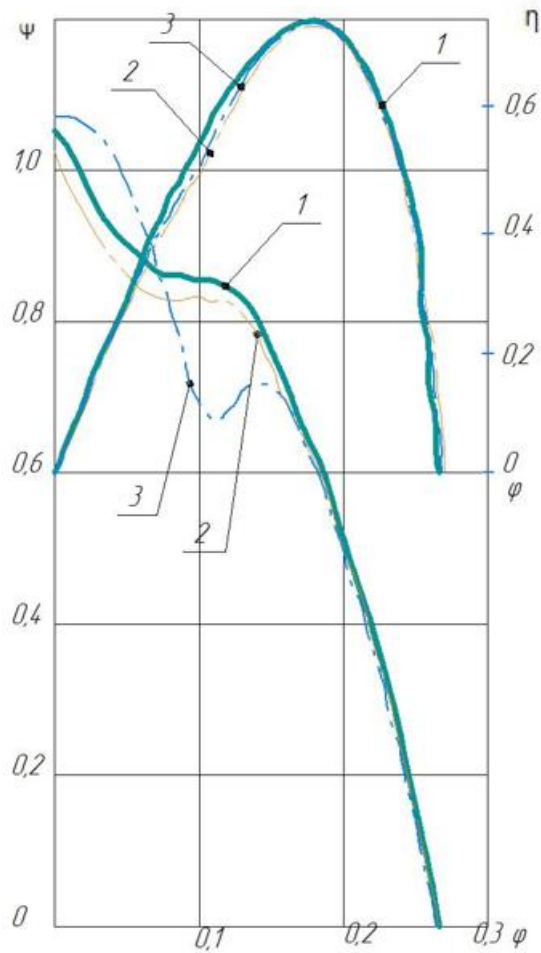


Рис. 3.21 - Порівняння характеристик осьового вентилятора.[3]

1- з двома сепараторами

2- зі щілиною над першим колесом та сепаратором над другим колесом

3- без протизривного пристрою

Досліджено графіки аеродинамічних характеристик осьового вентилятора із застосуванням сепараторів та протизривних пристроїв, порівняно з базовим компонованням вентилятора.

Виявлено доцільність впровадження для стабільності аеродинамічної характеристики протизривних пристроїв та їх комбінації із сепараторами.

3.5 Розробка рекомендацій щодо проектування удосконаленої машини

Осьовий вентилятор – це складна турбомашина, в якій кожен вузол має свої конструктивні особливості, які залежать від режимів роботи вентилятора, характеристики мережі, необхідної продуктивності та коефіцієнта корисної дії.

Для покращення аеродинамічних характеристик вентилятора можна використовувати різні напрямки.

При проектуванні осьових вентиляторів необхідно:

- розширювати режими експлуатації за рахунок застосування протизривних пристроїв, що встановлюються в проточній частині перед лопатковими вінцями;
- знижувати матеріаломісткість конструкцій використовуючи нові прогресивні матеріали, у тому числі композити для лопаток, зменшувати габарити вентилятора;
- підвищувати економічність, знижувати енергоспоживання вентиляторної установки,
- автоматизувати процес регулювання режимів роботи.

Для усунення вібрацій та покращення плавності роботи вентилятора необхідно удосконалювати форму колектора, кока, застосовувати кручені лопатки, забезпечувати рівномірний радіальний зазор між лопатками та оболонкою корпусу ВОД-30, застосовувати протизривні пристрої.

Неприпустимо, у всій проточній частині вентилятора наявність будь-яких уступів проти напрямку руху потоку. Система допусків на обробку робочих коліс корпусу вентилятора, дифузора та інших поверхонь, що сполучаються повинна гарантувати, щоб можливі уступи в межах допусків були тільки за напрямом руху потоків повітря.

4. ЕКСПЛУАТАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА ВОД-30

4.1 Транспортування і монтаж вентилятора ВОД-30

Вага вентилятора ВОД-30 32т, габаритні розміри 4,5х4,5х19,08 м.

Вентилятор ВОД транспортується окремими вузлами. Виконувати транспортування вентилятора ВОД-30 необхідно в умовах, які унеможливають його механічні пошкодження. Вентилятор ВОД-30 транспортується автомобільним, залізничним, морським транспортом без обмеження відстаней.

Доставка вузлів вентилятора ВОД-30 на монтажну ділянку шахти здійснюється автомобільним транспортом.

Автомобіль (трал) має майданчик відкритого типу. Вузли вентилятора встановлюють на дерев'яні бруси. Вузли вентилятора ув'язують на автомобілі дротом ф6 мм у дві нитки, допускається виконувати ув'язування м'якими стропами або ланцюгами.

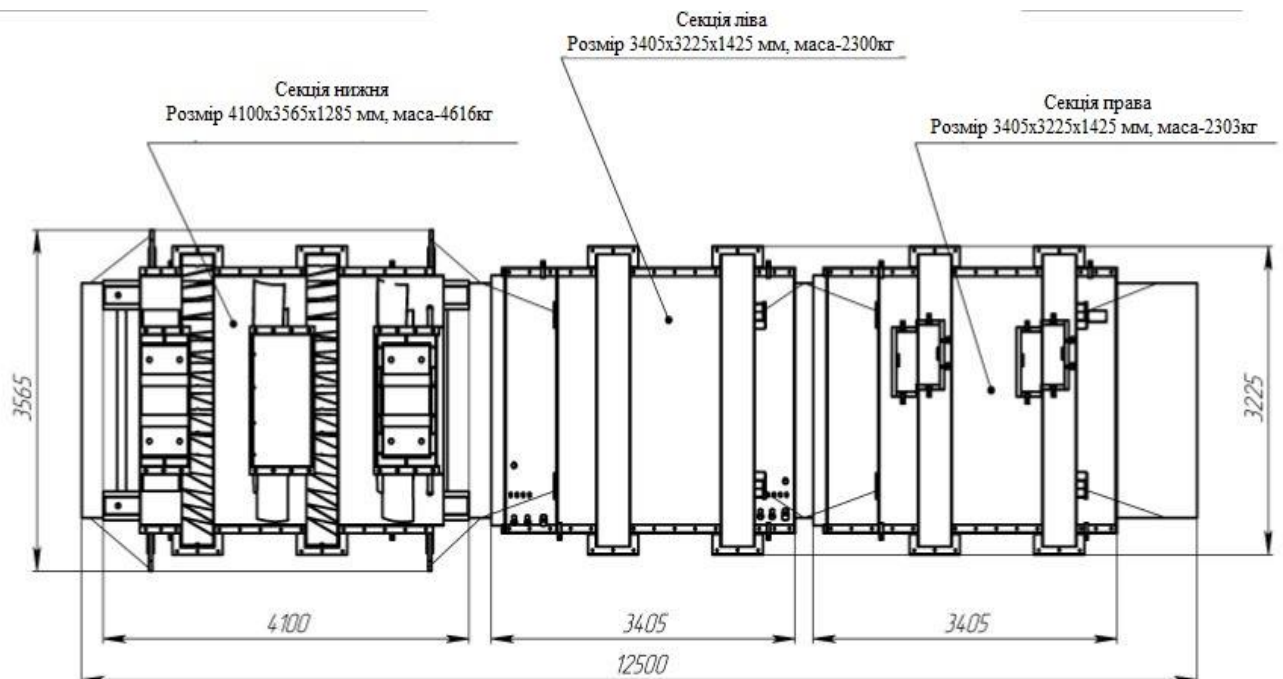


Рис. 4.1 - Розміщення секцій корпусу вентилятора ВОД-30 на тралі

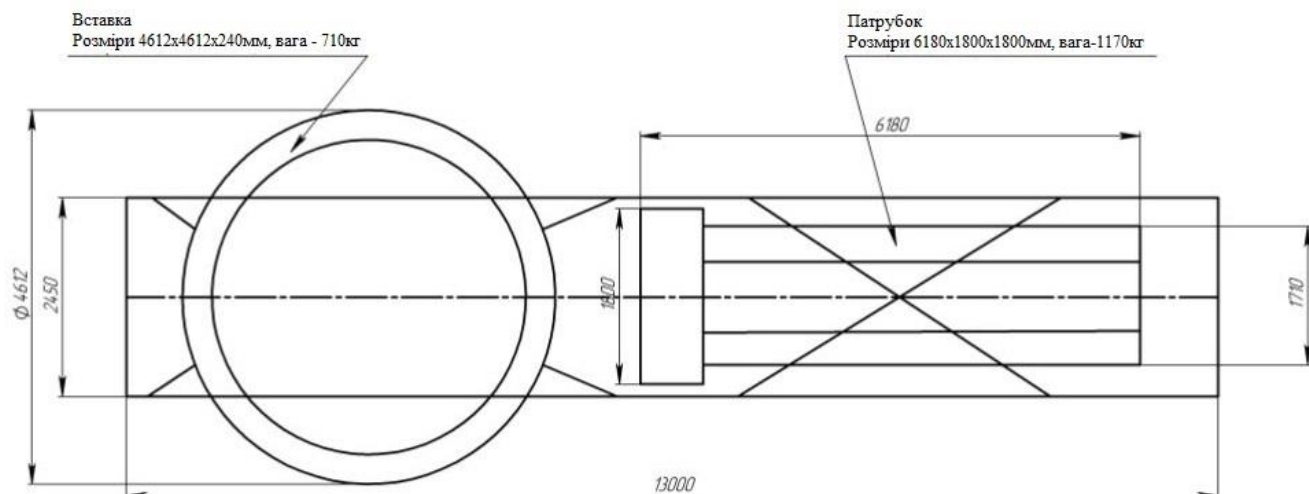


Рис. 4.2 - Розміщення вставки і патрубку дифузора вентилятора ВОД-30 на трале

На кожному вузлі вентилятора ВОД-30 передбачені пров'язи для транспортування та монтажу, в місцях доступних для страпування.

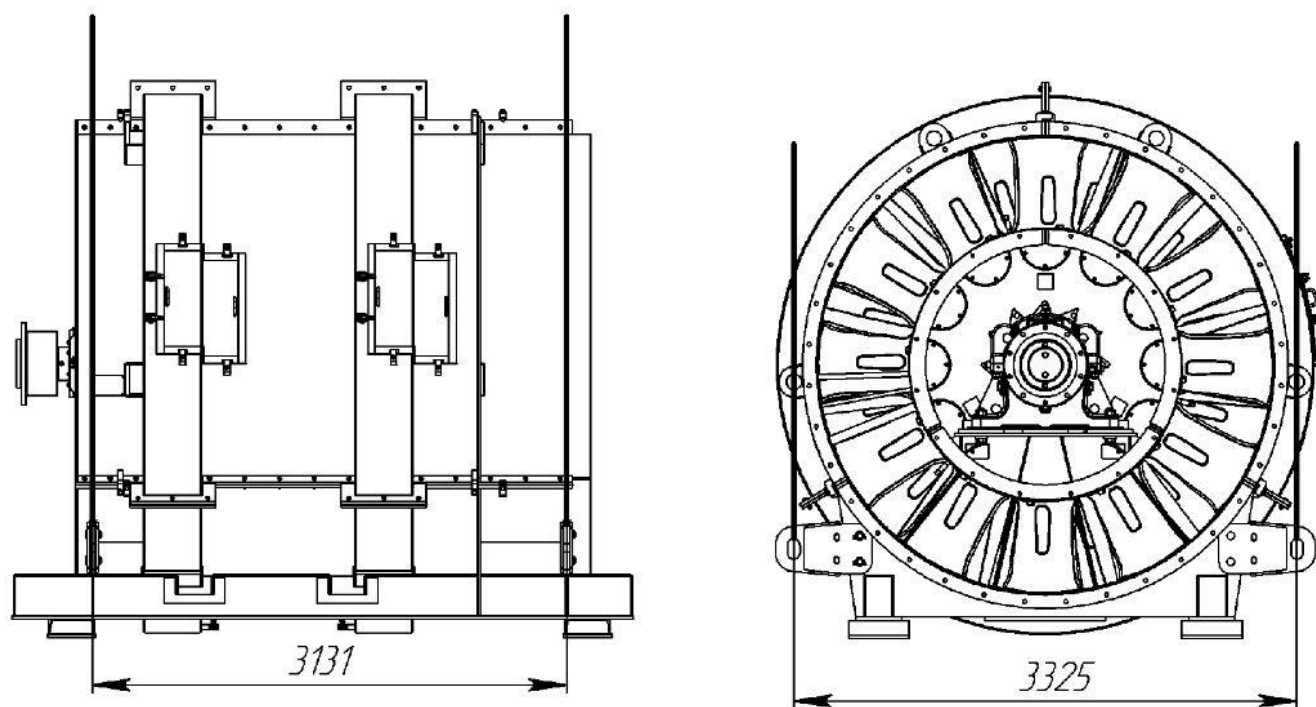


Рис. 4.3 - Схема стропування корпусу с ротором

Суворе дотримання вимог щодо встановлення та монтажу вентилятора ВОД-30 забезпечує відповідність технічних характеристик, зазначених у документації виробником.

Перед монтажем визначають склад бригад, визначається порядок та технологія монтажних робіт, і обов'язковою умовою є інструктаж з техніки безпеки із записом у журналі.

Після транспортування вентилятора ВОД-30 на склад шахти його переміщують до місця встановлення. Вентилятор на монтаж надходить окремими вузлами.

Вентилятор необхідно встановлювати на прямій ділянці вентиляторної мережі. З боку всмоктування довжина цієї ділянки становить щонайменше 3м, із боку нагнітання - щонайменше 9м. Порушення цієї вимоги призводить до збільшення перепаду тиску за рахунок великих динамічних втрат, при цьому може зменшуватися витрата повітря.

З боку всмоктування:

- не припустимо наявність відгалужень, перешкод для проходження потоку;
- діаметр повітроводу повинен відповідати вхідному отвору вентилятора, відхилення у більшу сторону 12 відсотків та у меншу 8 відсотків;
- довжина повітроводу не менше 3м;
- відстань до найближчої стіни не менше 2,5м.

З боку нагнітання:

- за необхідності повороту мережі можна використовувати відводи по 45 градусів;
- зміна перерізу повітроводу в межах: у більшу сторону 15 відсотків і в меншу 7 відсотків;
- пряма ділянка повітроводу на виході не менше 9 метрів.

Перед монтажем оглядають фундамент. У разі потреби зміцнюють та вирівнюють фундамент. Висуваються високі вимоги щодо площинності поверхні фундаменту під вузли вентилятора.

Необхідно виконати такі роботи:

- зовнішній огляд вузлів, що надійшли на монтаж. Переконатися у відсутності вм'ятин, тріщин, переконатися в якості антикорозійного захисту. Перевірити зазор між лопатками робочого колеса та зовнішньою обичайкою корпусу ВОД-30;
- огляд зварних швів;

- затягування болтових з'єднань;
- контроль стану гумових ущільнень, наявність прокладок на фланцях люків;
- перевірка герметичність з'єднання дифузора та корпусу ВОД-30, перехідного патрубку та дифузора через хомути;
- перевірка кріплення робочих коліс на валу ротора, правильність кутів установки профільних лопаток за різками. Усі лопатки встановлюються під однаковими кутами.

На фундамент встановлюється нижня секція корпусу ВОД-30 із балками, кріплення через фундаментні болти із гайками М48 – 8 місць. Для вирівнювання майданчиків під корпуси підшипників в горизонт застосовують комплект клинових підкладок. Неплощинність майданчиків допускається не більше 0,1мм. На майданчики встановлюють ротор у зборі, вивіряють прокладками, встановлюють клини. Затягування болтових з'єднань виконують динамометричним ключем, забезпечуючи необхідний момент затягування. Двигун встановлюють на фундаментні болти, з'єднують із ротором через трансмісійний вал зубчастими муфтами двостороннього зачеплення. Перевіряють співвісність валів. Максимальне зміщення валів не більше 0,5мм, кут перекошу осей не більше 5 хвилин. Дифузор встановлюють фундамент через опори, розташування опор визначають за місцем, виконують зварювання на монтаж. Дифузор через проставку кріплять до вихідного отвору шахти. Встановлюють кок та колектор. Через внутрішні та зовнішній хомути, гумові ущільнення герметично з'єднують корпус ВОД-30 з перехідним патрубком і секціями дифузора.

На монтажному майданчику виконується перевірка та при необхідності змащення підшипникових вузлів, зубчастих муфт.

При монтажі перевіряють легке та плавне обертання робочих коліс, затягування болтових з'єднань у тому числі кріплення робочих коліс на валу ротора. Виконується заземлення двигуна та вентилятора. Перед пуском переконується у відсутності сторонніх предметів, слюсарного інструменту усередині вентилятора. Перевіряють напрямок обертання робочого колеса, за потреби переключають фази.

Перевірка гальмівних колодок. При необхідності колодки замінити на нові, підігнати, забезпечивши прилягання до гальмівного обода по всій поверхні. Зазор між колодками та шківом 2-3мм. Виконати регулювання гальма, щоб зупинка вентилятора не перевищувала 3-5 хвилин.

Пуск вентилятора ВОД-30. Усі роботи на вентилятори повинні бути припинені. Проводять пробний запуск для перевірки працездатності встановленого вентилятора. Перевіряють надійність з'єднання струмопровідного кабелю, затискання заземлення, кріплення робочого коліс на роторі. Після включення електродвигуна протягом години перевіряють стабільну роботу вентилятора ВОД-30, без підвищеної вібрації, сторонніх шумів, перегріву підшипників та інших дефектів. Після цього вентилятор вмикається на постійну роботу.

4.2 Використання вентилятора згідно з призначенням

Вентилятор ВОД-30 застосовується для головного провітрювання підземних виробок шахт у всмоктувальній або нагнітально-всмоктувальній системі вентиляції. Встановлення вентиляторів виконується на поверхні шахт, у спеціально обладнаних будинках. При експлуатації вентилятора необхідно керуватися Паспортом вентилятора ВОД-30, Інструкцією з експлуатації, кресленнями вузлів вентилятора в комплекті технічної документації, технічної документації електричної частини. Паспорт та Інструкція з експлуатації повинні зберігатися протягом усього періоду експлуатації вентилятора ВОД-30.

Вентилятор ВОД-30 необхідно експлуатувати з дотриманням усіх чинних правил безпеки в шахтах, вимог щодо режимів роботи обладнання.

4.3 Технічне обслуговування

При експлуатації вентилятора ВОД-30 необхідно дотримуватись правил безпеки та технічної експлуатації електроустановок. Роботи з експлуатації проводить спеціально підготовлений технічний персонал. Ремонт, налагодження, очищення та інші роботи неприпустимі при включеному вентиляторі. Заземлення вентилятора виконується згідно з Правилами пристрою електроустановок. Ремонт вентилятора виконується тільки після його відключення від електромережі, зупинки ротора і

включенням гальма. Для виключення травм, отвори мережі на вході та виході вентилятора повинні мати огороження, висотою не менше 1,5м.

Експлуатація осьового вентилятора охоплює пуск та зупинку, регулювання режимів роботи складальних вузлів та вентилятора в цілому, спостереження за безпечною та справною роботою. Пуск вентилятора виконується вручну або автоматично з щита керування. Перед цим виконуються пробні пуски та підготовчі операції.

Вимірювальними приладами контролюють і заносять до журналу параметри під час роботи вентилятора: подачу повітря, тиск, температуру підшипників ротора та електродвигуна. Перевіряють загальний стан вузлів, герметичність стиків. За характером вібрацій, шуму визначають правильність завантаження обладнання, зношування деталей тертя, деформації. При роботі вузлів у нормальному робочому стані є характерний шум, при зміні умов роботи він змінюється. Для контролю шуму користуються стетоскопом. Нерівномірний шум створюється під час роботи підшипників ротора з різним радіальним зазором, деренчливий звук означає знос підшипників кочення, стукіт у підшипниках сигналізує про підвищення навантаження і недостатності змащення. На нагрівання підшипників впливає якість та достатність мастила, та відповідність деталей кресленням. Неякісне мастило та нерегулярний контроль призводять до простоїв та аварій. У журналі відзначають стан вузлів вентилятора під час експлуатації, несправності та заходи щодо усунення відхилень.

На кожен вид ремонту та обслуговування складають технологічну карту [5]

Таблиця 4.1 - Перелік робіт з технічного обслуговування та ремонту осьового вентилятора.

Щозмінне технічне обслуговування			
Найменування роботи	Опис операцій	Технічні вимоги	Прилади та матеріали
1	2	3	4
Перевірка та огляд вузлів. Перевірка мастила. Перевірка підшипників, роботи сигналізації та апаратури	Контроль цілісності та справності вузлів осьового вентилятора. Перевірка роботи маслостанції, відсутність течі мастила у місцях ущільнень. Контроль мастила у підшипникових вузлах, нагрівання підшипників,	Вузли не повинні мати ослаблених з'єднань, тріщин та деформацій. Наявність мастила, допустимий рівень нагрівання підшипників, відсутність течі,	Комплект слюсарного інструменту, термодатчики, стетоскоп. Змащення

управління.	діапазон радіальних коливань. Відсутність шумів та стуків.	стукотів, безвідмовність роботи.	
Щодобове технічне обслуговування			
Отримання інформації про роботу обладнання. Контроль вібрації вентилятора та електродвигуна.	Контроль мастила у підшипникових вузлах, нагрівання підшипників, діапазон радіальних коливань. Відсутність шумів та стуків.	Наявність мастила, допустимий рівень нагрівання підшипників, відсутність течі, стукотів, безвідмовність роботи. Вібрація не більше 6,3мм/с	Те саме.
Щотижневе технічне обслуговування			
Огляд та перевірка стану вузлов ВОД-30	Огляд конструкції вузлов вентилятора. Перевірити стан зварних швів, відсутність механічних пошкоджень.	Вузли не повинні мати ослаблених з'єднань, тріщин та деформацій.	Комплект слюс. інструменту, щупи, штангенциркуль, термодатчики, стетоскоп.
Отримання інформації про роботу обладнання	Контроль мастила у підшипникових вузлах, нагрівання підшипників, діапазон радіальних коливань. Відсутність шумів та стуків.	Наявність мастила, допустимий рівень нагрівання підшипників, відсутність течі, стукотів, безвідмовність роботи.	Комплект слюсарного інструменту, термодатчики, стетоскоп.
Перевірка чистоти від пилу та бруду, стан різьблення вузлів.			
Контроль рівня вібрації.			
Щомісячний поточний ремонт			
Ремонт вузлов	Огляд конструкції вузлов вентилятора. Перевірити стан зварних швів, відсутність механічних пошкоджень. Затягування фундаментних болтів, болтових з'єднань між секціями корпусу ВОД. Контроль кріплення втулки до маточини робочого колеса, колеса до валу. Перевірка стану лопаток, чищення від бруду.	Дефектів не повинно бути. Виконати затягування. Кути установки лопаток – однакові. Постійно має бути мастило. Виявляють деталі, що підлягають заміні. Складають дефектну відомість.	Комплект слюсарного інструменту, штангенциркуль, гасин ганчір'я солідол, комплект щупів, термодатчики, стетоскоп.

	Контроль зазору між периферією лопаток і зовнішньою оболонкою корпусу ВОД. Перевірка кута встановлення лопаток. Перевірка зубчастої муфти трансмісійного валу, наявність мастила.		
Контроль роботи електродвигуна.			
Середній ремонт			
Демонтаж. Ремонт вузлов.	Ті самі роботи в обсязі поточного ремонту. Демонтаж кришок підшипників, перевірка зазорів між обоймою та роликками. Контролює зношування зубів муфти. Промивання підшипників, муфти, заміна мастила в системі. Вибірково перевіряють опори лопатки робочого колеса. Ремонт та заміна зношених деталей за дефектною відомістю поточного ремонту.	Дефектів не повинно бути. Виконати затягування. Постійно має бути мастило. Зазори повинні відповідати зазорам під час приймання в експлуатацію.	Комплект слюсарного інструменту, штангенциркуль, гасинганчір'я солідол, комплект щупів, термодатчики, стетоскоп.
Контроль за станом покриття. Контроль кріплення вентилятора до повітропроводу.			
Капітальний ремонт			
Демонтаж. Ремонт вузлов.	Повне розбирання вузлів. Перевірка основних деталей, зазорів, посадкових місць на відповідність креслення. Заміна лопаток, підшипників, зубчастої муфти. Перевірка зносу шийки валу під внутрішнє кільце підшипника.	Заміна на нові та відновлення деталей та складальних одиниць до номінальних параметрів.	Те саме
Дефектоскопія вала ротора	Перевірка наявності втомних тріщин та інших дефектів	Тріщини та інші дефекти не допускаються	Дефектоскопії: ультразвуковий, магнітопорошковий
Ремонт вала ротора	Відновлення на валу посадкових поверхонь.	Розміри відповідно до креслення.	Механічна ділянка

Середній ремонт виконують кожні 3-6 місяців залежно від стану вузлів та умов роботи. Забороняється демонтаж частин, що обертаються, без узгодження з виробником вентилятора, для запобігання розбалансуванню.

Після ремонту, перед здачею в експлуатацію, роботу вентилятора перевіряють вхолосту та під навантаженням. Ревізію та налагодження вентилятор ВОД-30 проводять кожні 2 роки. Кожні 3-4 роки проводять капітальний ремонт, залучаючи монтажно-налагоджувальну організацію. Капітальний ремонт забезпечує повний ресурс вентилятора.

Згідно з паспортом термін служби вентилятора ВОД-30 – 14 років. Після закінчення терміну служби вентилятор підлягає демонтажу і заміні.

4.4 Демонтаж

Демонтаж вентилятора ВОД-30 виконують після закінчення терміну служби. [5]

При демонтажі, вентиляторну установку від'єднують від шахтної мережі лядою каналу, вимикають електропривід. Підключають резервний вентилятор.

Демонтаж виконують у зворотній послідовності монтажу. Після демонтажу вентилятор переміщують на майданчик для утилізації. Розбирають вузли та сортують за видами матеріалів.

4.5 Зберігання

Зберігають вентилятори під навісом або приміщенні, в якому коливання вологості повітря та температури не більше ніж на відкритому повітрі.

На заводі виробника виконується протикорозійний захист конструкції вентилятора. Зовнішні поверхні вентилятора та проточна частина покриваються грунтом ХС-010 ГОСТ 9355-81, емаллю ХВ-785 ГОСТ 7313-75 у 3 шари. Товщина покриття не менше 55мкм.

Оброблені незабарвлені деталі та поверхні вентилятора піддають консервації на заводі виробника відповідно до нормативної технічної

документації. Термін захисту вентиляторів після консервації – 3 роки. Переконсервація проводиться у разі порушення протикорозійного захисту при зберіганні вентилятора та після закінчення терміну дії консервації.

Після розвантаження вентилятора на склад перевіряють заводську упаковку, стан протикорозійного захисту поверхонь вентилятора, наявність консерваційного покриття підшипникових вузлів, зубчатих муфт.

Запасні частини вентиляторів зберігаються у закритому приміщенні.

При зберіганні щомісяця проводять зовнішній огляд консервації та упаковки, повертають ротор в опорних підшипниках на кут не менше 90 градусів. [23].

4.6 Утилізація

Утилізацію виконують після закінчення терміну служби осьового вентилятора ВОД-30 та демонтажу. Це дозволяє використовувати матеріали, з яких виготовляють узли и детали вентилятора, як вторинну сировину та зменшити негативний вплив відходів виробництва на навколишнє середовище [23].

Відходи з металу подрібнюють та переплавляють. При утилізації гумових деталей та мастила застосовують механічні способи переробки, термічну утилізацію (спалювання), а також спеціальні методи переробки для отримання вторинних нафтопродуктів (термохімічні, біологічні, фізико-хімічні).

ВИСНОВКИ

1. Осьові вентилятори головного провітрювання мають обмежене поле застосування у зв'язку з сідлоподібною аеродинамічною характеристикою, в якій існує розрив та зони нестабільної роботи. Тому змінюючи конструкцію вузлів вентилятора, впливаючи на проходження потоку через робоче колесо, можна отримати більш ламінарний перебіг потоку повітря та розширити поле застосування цих вентиляторів.
2. У магістерській роботі досліджено вплив конструктивних особливостей осьового вентилятора на аеродинамічну характеристику і запропоновано методи покращення базової конструкції.
3. Аналіз сучасних конструкцій шахтних вентиляторів головного провітрювання показав, що на аеродинамічну характеристику суттєво впливає проточна частина, форма лопаток, наявність колектора, форма кока і конструкція дифузора, радіальний зазор між лопатками і обічайкой корпусу. Досліджено вплив цих факторів на основі аналізу графіків кривих аеродинамічних характеристик, наведених в науковій літературі.
4. З аналізу патентів і досліджень відомих рішень покращення ламінарності потоку виявлено, що в сучасному будівництві вентиляторів використовуються різні конструкції та пристрої, для зменшення та усунення зон, коли вентилятор працює нестійко.
5. До пристроїв, що розширюють діапазон стійкої роботи осьових вентиляторів у всіх точках аеродинамічної характеристики, слід віднести лопаткові сепаратори, дефлектори, повітряні сепаратори, щілинні пристрої. Течія потоку повітря в робочому колесі значно змінюється, стає ламінарним. Практичне застосування цих пристроїв веде до повної ліквідації розриву аеродинамічної характеристики або значного зсуву розвивання в область малої продуктивності. Стійкість роботи осьових вентиляторів значно розширюється.
6. Корпус вентилятора ВОД-30 пропонується обладнати протизривними пристроями перед кожним робочим колесом. Вони встановлюються якомога ближче до лопаткового вінця з урахуванням безпечної роботи.
7. Протизривні пристрої найбільш перспективні для боротьби зі зривом та покращення аеродинамічної характеристики ВОД-30.

8. З появою нових сучасних технологічних процесів та об'єктів постійно змінюються вимоги до вентиляторів головного провітрювання. Існує необхідність створення нових компанівок, нових аеродинамічних схем, які забезпечують аеродинамічні, вібраційні, габаритні параметри вентиляторів за високого коефіцієнта корисної дії.
9. Сучасні умови вимагають економічно вигідних, потужних та малогабаритних конструкцій.
10. Найбільш актуальний напрямок у вентиляторобудуванні – це розробка нових конструкцій, вузлів вентилятора, які суттєво зменшують зрив потоку. Завдяки цьому аеродинамічна характеристика стає більш плавною та розширюється поле режимів роботи осьових вентиляторів.

