

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гірничої механіки

ВОДОВІДЛИВНІ ТА ВЕНТИЛЯТОРНІ УСТАНОВКИ
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до розрахунку головної вентиляторної установки шахти
бакалаврами спеціальності 184 Гірництво
освітньої програми
«Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

Дніпро
2020

Холоменюк М.В. Водовідливні та вентиляторні установки [Електронний ресурс]: метод. рек. до розрахунку головної вентиляторної установки шахти бакалаврами спец. 184 Гірництво освітньої програми «ЕнергOMEханічні комплекси гірничих підприємств» / Уклад.: М.В. Холоменюк, Ю.О. Комісаров : М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка» – Електрон. текст. дані. – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 44с. – 1 електрон. опт. диск (CD – R). – Систем. вимоги: Pentium – П/300; 64 Mb ram; Microsoft Windows XP; 60 Mb вільного дискового простору; NET Framework 2.0. – Назва з етикетки диска.

Укладачі: М.В. Холоменюк, канд. техн. наук, доц.
Ю.О. Комісаров, ст. викл.

Затверджено редакційною радою НТУ «Дніпровська політехніка» (протокол № 10 від 05.10.2020).

Відповідальний за випуск завідувач кафедри гірничої механіки В.І. Самуся, д-р техн. наук, проф.

ЗМІСТ

В с т у п	4
1. Призначення, загальна будова та основні вимоги до головної вентиляторної установки шахти.....	4
2. Розрахунок головної вентиляторної установки шахти.....	9
2.1. Загальні відомості про вентилятори.....	9
2.2. Аеродинамічні характеристики шахтних вентиляторів.....	10
2.3. Вихідні дані до розрахунку та порядок його виконання.....	11
2.4. Визначення потрібної подачі та статичного тиску вентилятора.....	12
2.5. Вибір вентилятора.....	12
2.6. Обґрунтування способу регулювання робочого режиму вентилятора.....	13
2.7. Визначення параметрів регулювання та статичних ККД.....	14
2.8. Встановлення резерву подачі вентилятора.....	14
2.9. Порядок реверсування повітряного потоку.....	15
2.10. Вибір привідного двигуна вентилятора.....	17
2.11. Визначення середньорічної витрати електроенергії на провітрювання шахти.....	18
3. Приклад розрахунку головної вентиляторної установки шахти....	18
Додатки.....	24
Додаток 1. Зведений графік областей промислового використання шахтних відцентрових вентиляторів головного провітрювання, що регулюються зміною кутів установки лопатей направляючого апарата $\Theta_{\text{НА}}$	24
Додаток 2. Зведений графік областей промислового використання шахтних відцентрових вентиляторів головного провітрювання, що регулюються зміною частоти обертання ротора n за допомогою регульованого електроприводу.....	25
Додаток 3. Індивідуальні аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів.....	26
Додаток 4. Зведений графік областей промислового використання шахтних осьових вентиляторів головного провітрювання....	33
Додаток 5. Індивідуальні аеродинамічні характеристики осьових вентиляторів.....	34
Додаток 6. Технічні дані асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором серії АОЗ	41
Додаток 7. Технічні данні синхронних електродвигунів серій СДН-2 і СДНЗ-2 напругою 6 кВ, частотою 50 Гц.....	41
Додаток 8. Технічні дані асинхронних електродвигунів серії АК4 з фазним ротором напругою 6 кВ.....	42
Додаток 9. Вихідні дані до розрахункових завдань	43
Список літератури	44

Вступ

Вентиляторна установка головного провітрювання – це один з основних стаціонарних об'єктів шахти. Ефективна робота вентиляторної установки є визначальною для створення безпечних умов праці в підземних виробках. До того ж головна вентиляторна установка являє собою один з найбільш потужних споживачів електричної енергії, що працює в тривалому режимі й суттєво впливає на загальношахтну витрату електроенергії. З огляду на це вміння правильно вибрати вентилятор і забезпечити його економічну роботу є важливими професійними компетенціями гірничого інженера-електромеханіка.

Мета цих рекомендацій – надання студентам допомоги в освоєнні методики розрахунків і проектування вентиляторних установок.

Ці методичні рекомендації складені для студентів спеціальності 184 Гірництво, які навчаються за освітньою програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств». Вони виконують індивідуальне завдання з розрахунку вентиляторної установка головного провітрювання при вивченні дисципліни «Водовідливні та вентиляторні установки», а також роблять подібні розрахунки в курсових і дипломних проектах. Рекомендації можуть бути корисними також студентам інших спеціальностей.

1. Призначення, загальна будова та основні вимоги до головної вентиляторної установки шахти

Головні вентиляторні установки – це такі, що обслуговують усю шахту або її частину (крило, блок), а також забезпечують провітрювання шахт у період їх будівництва після збійки стволів.

Провітрювання підземних виробок повинне проводитися за допомогою безперервно працюючих головних вентиляторних установок, розташованих на поверхні шахт біля устів герметично закритих стволів, шурфів, штолень, свердловин.

Головні вентиляторні установки повинні складатися не менше ніж з двох вентиляторних агрегатів, причому один з них має бути резервним. Вентилятори на газових шахтах, а також для нових та реконструйованих установок повинні бути одного типу і розміру.

Шахтна вентиляторна установка головного провітрювання складається з вентиляторів, електропривода, пускорегулювальної апаратури, апаратури автоматизації, пристроїв і засобів для реверсування повітряного струменя та переключення вентиляторів.

Вентилятори розміщують у спеціальній будівлі; кожен з них з'єднаний спеціальним каналом з вищеназваними герметичними гірничими виробками. У цій будівлі знаходяться також електродвигуни та інше електрообладнання, апаратура автоматизації, маслостанція.

Для провітрювання шахт використовують відцентрові та осьові вентилятори. Загальні схеми вентиляторних установок головного провітрювання з цими видами вентиляторів наведені відповідно на рис. 1 і 2.

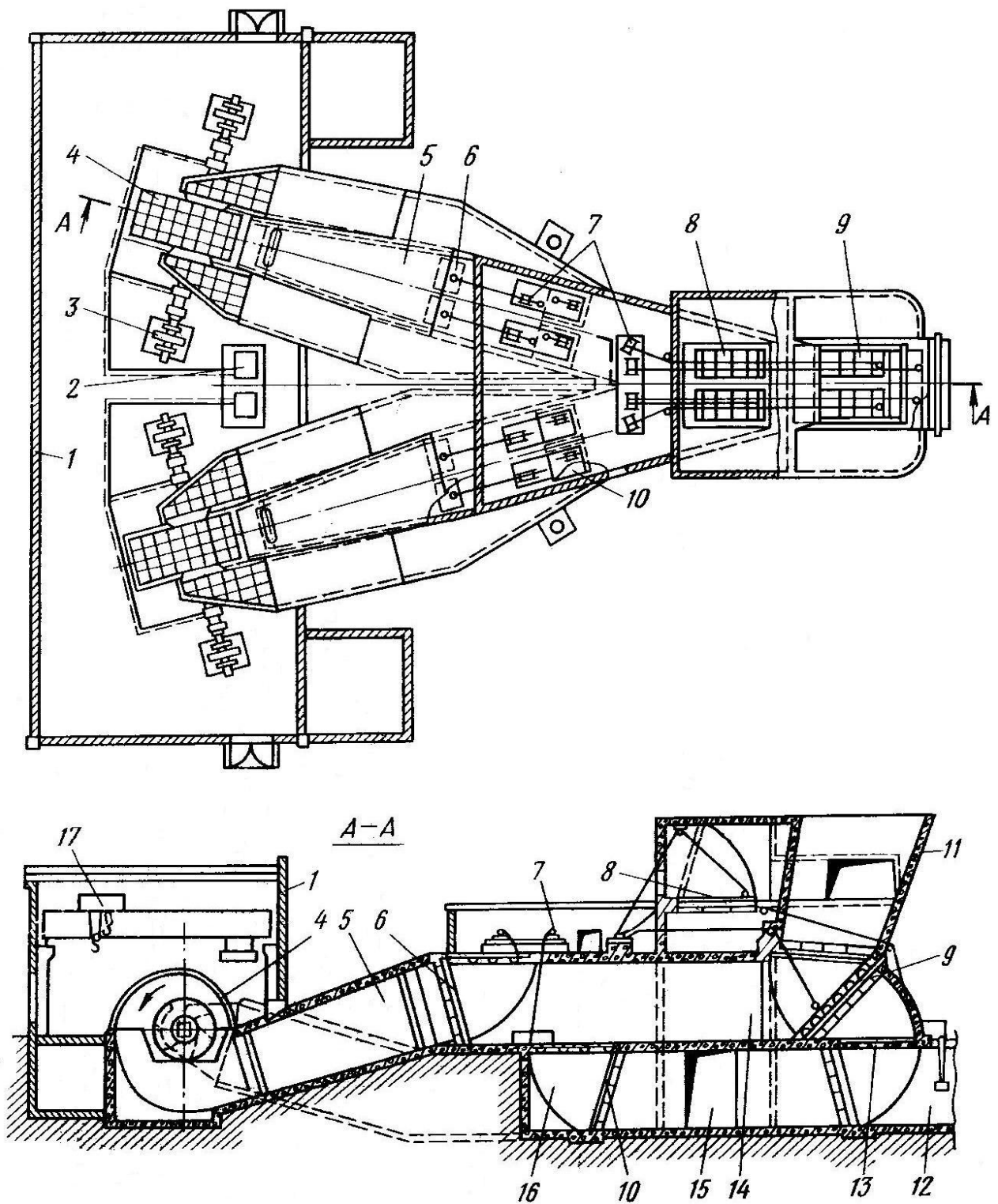


Рис. 1. Загальний вигляд головної вентиляторної установки шахти з відцентровим вентилятором

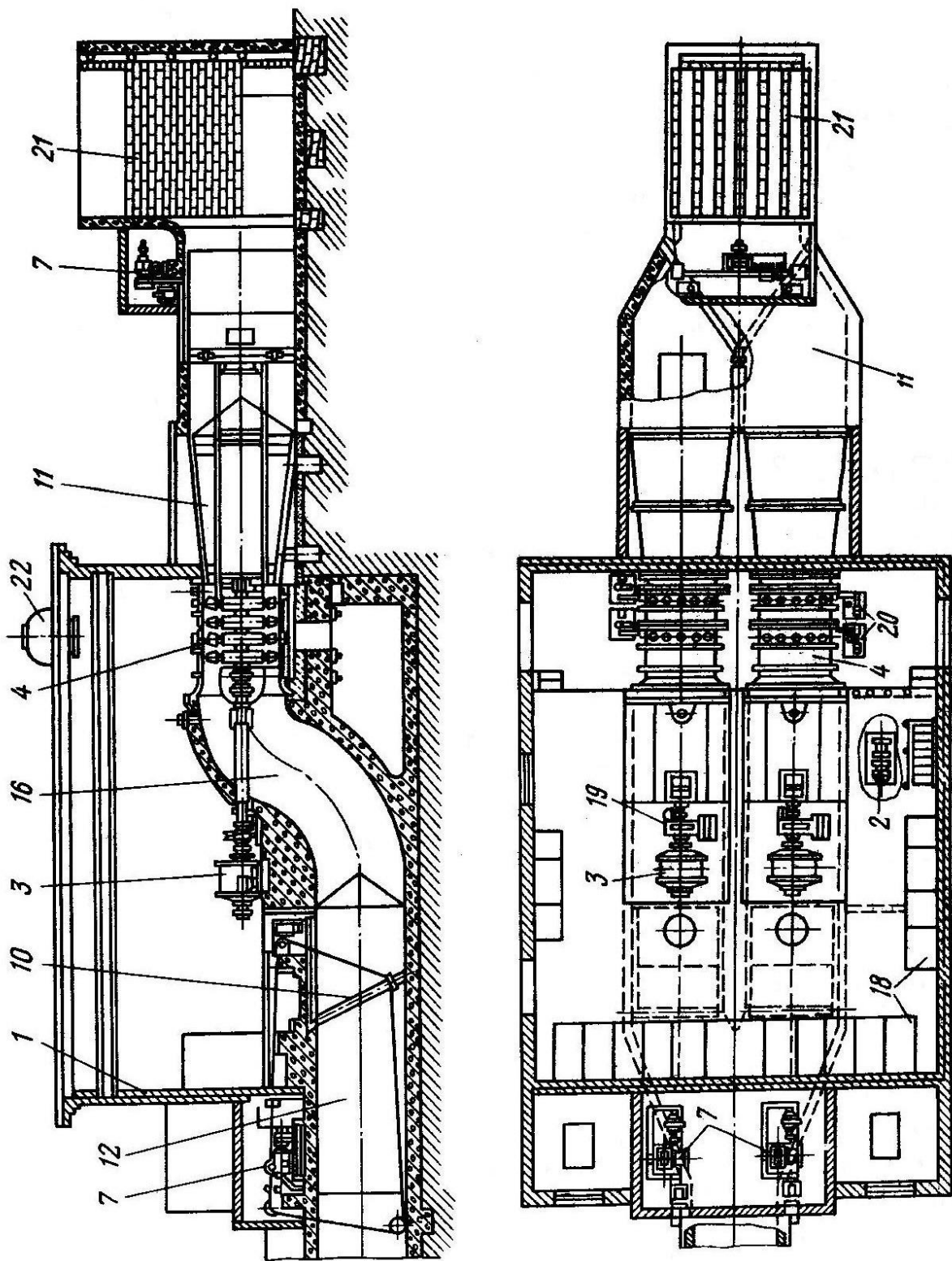


Рис. 2. Загальний вигляд головної вентиляторної установки шахти з осьовим вентилятором

На рисунках позначені: 1 – будівля для вентиляторів, 2 – маслостанція, 3 – електродвигун, 4 – вентилятор, 5 – нагнітальний канал, 6 – відсічна ляда, 7 – лебідка, 8 – ляда всмоктувальної будки, 9 – ляда дифузору, 10 – перемикальна ляда, 11 – дифузор, 12 – підвідний канал, 13 – ляда підвідного каналу, 14 – відвідний канал, 15 – отвір між обвідним і підвідним каналами, 16 – всмоктувальний канал, 17 – мостовий кран, 18 – електроапаратура та апаратура автоматизації, 19 – гальмо, 20 – приводи направляючих і спрямляючих апаратів, 21 – глушник шуму, 22 – даховий вентилятор.

Примітки:

1. На рисунках наведені схеми головних вентиляторних установок при всмоктувальному способі провітрювання – саме цей спосіб провітрювання найбільш поширений на вугільних шахтах України.

2. Установка з відцентровими вентиляторами має канали: підвідний 12, що з'єднує ствол із всмоктувальними каналами 16 і через них із працюючим і резервним вентиляторами; нагнітальні 5, які з'єднують вентилятори з відвідним каналом 14 і через нього з дифузором 11; обвідні канали (не показані на схемі), що призначені для пропускання атмосферного повітря через отвір, який з'являється при відкриванні ляди всмоктувальної будки 8, у підвідний канал 12.

В установках з осьовими вентиляторами типу ВОД є лише підвідний 12 і всмоктувальний 16 канали.

Будова головних вентиляторних установок у значній мірі визначається вимогами Правил безпеки [1]. Зокрема, згідно з цим документом усі вентилятори, що випускаються, повинні бути обладнані гальмовими або стопорними пристроями, що перешкоджають мимовільному обертанню ротора вентилятора.

При проектуванні та експлуатації вентиляторних установок повинні передбачатися спеціальні запобіжні заходи щодо обмерзання проточної частини вентиляторів, каналів та перемикальних пристроїв, а також запобіжні заходи щодо попадання в проточну частину вентиляторної установки частинок гірничої маси (штибу) і води. Вентиляторні канали повинні регулярно очищатися від пилу та сторонніх предметів, а також мати обладнаний шлюзом вихід на поверхню.

У каналі вентиляторної установки в місцях сполучення зі стволом (шурфом, свердловиною) і перед колесом вентилятора мають бути встановлені захисні ґрати висотою не менше 1,5 м.

Головні вентиляторні установки повинні забезпечувати реверсування вентиляційного струменя в усіх гірничих виробках, провітрюваних за рахунок загальношахтної депресії.

Переведення вентиляторних установок на реверсивний режим роботи треба виконувати не більше ніж за 10 хвилин. Витрата повітря, що проходить по виробках у реверсивному режимі провітрювання, має становити не менше 60 % від об'єму повітря, що проходить ними в нормальному режимі. При цьому вміст метану в кожній виробці не повинен перевищувати 2 %.

На всіх шахтах не рідше двох разів на рік (влітку та взимку), а також

при змінненні схеми провітрювання та після заміни вентиляторів повинне проводитися реверсування вентиляційного струменя у виробках, а також перевірка інших вентиляційних режимів.

Тривалість реверсування вентиляційного струменя має бути не менше часу, необхідного для виведення на поверхню всіх підземних працівників, які можуть знаходитись у шахті під час аварії.

Вентиляторні установки повинні бути оснащені всіма контрольно-вимірними приладами, передбаченими проектом. Інформація про робочі параметри вентиляторної установки (подача, тиск, положення ляд) має надходити до диспетчерського пункту шахти.

Вентиляторні установки повинні обслуговуватися машиністами (мотористами). Допускається експлуатація вентиляторної установки без постійної присутності машиніста за наявності апаратури дистанційного керування та контролю відповідно до проекту.

Зовнішня мережа головної вентиляторної установки шахти являє собою сукупність розгалужених гірничих виробок, що омиваються повітрям. Витрата повітря Q , що може пройти через цю мережу, залежить від її аеродинамічного опору R та різниці тисків на вході та виході з мережі, тобто депресії шахти $p_{ш}$. Рівняння характеристики цієї мережі без урахування природної тяги таке:

$$p_{ш} = RQ^2. \quad (1)$$

Визначальною особливістю шахтної вентиляційної мережі є неперервна зміна її аеродинамічного опору в процесі експлуатації шахти. Це обумовлено зміною довжини, перерізів, конфігурації та кількості гірничих виробок, шорсткості їх поверхні, типу сполучень між собою, нещільностями між паралельними виробками та т. ін. Зміна аеродинамічного опору вентиляційної мережі шахти суттєво залежить від системи провітрювання. При центральній системі вентиляції опір мережі змінюється відносно до початкового в 4 – 10 разів, при діагональній – у 1,5 – 2,5 рази.

У процесі експлуатації шахти також спостерігається зміна необхідної витрати повітря (у 1,5 – 4 рази) унаслідок зміни виробничої потужності, зростання газовиділень та інших причин.

Неперервна зміна гідравлічного опору і відповідна зміна характеристики мережі стане причиною неконтрольованої зміни місцезнаходження робочої точки установки і зміни кількості повітря, що буде надходити в шахту. В цих умовах забезпечення подачі в мережу кількості повітря, необхідного в даний момент, можливе лише шляхом регулювання режиму роботи вентиляторної установки. Наявність можливості здійснення цього процесу – одна з головних вимог до головної вентиляторної установки шахти. Методи регулювання визначаються типом використаних вентиляторів.

2. Розрахунок головної вентиляторної установки шахти

2.1. Загальні відомості про вентилятори

Особливістю вентиляторів є те, що в повному тиску, який вони створюють, частки статичного та динамічного тисків близькі між собою. Це суттєво відрізняє їх від насосів, динамічним напором яких зазвичай нехтують через його малість у порівнянні зі статичним, і обумовлює певну специфіку експлуатаційних характеристик.

Повний тиск вентилятора $p_{\text{п}}$ являє собою різницю абсолютних повних тисків потоку на виході з вентилятора $p_{\text{п2}}$ і перед входом до нього $p_{\text{п1}}$:

$$p_{\text{п}} = p_{\text{п2}} - p_{\text{п1}} = \left(p_{\text{ст2}} + \frac{\rho v_2^2}{2} \right) - \left(p_{\text{ст1}} + \frac{\rho v_1^2}{2} \right),$$

де $p_{\text{ст1}}$ і $p_{\text{ст2}}$ – абсолютні статичні (внутрішні) тиски в потоці перед вентилятором і після нього, із якими частинки рухомого газу впливають одна на одну та на стінки каналу, що паралельні потокові;

v_1 і v_2 – середні швидкості потоку в цих перерізах;

ρ – густина переміщуваного газу;

$\frac{\rho v^2}{2}$ – динамічний тиск потоку, що необхідний для надання нерухомій частинці газу швидкості v і який дорівнює підвищенню тиску в газі при його повному гальмуванні. Він діє лише в напрямку швидкості потоку.

Повний тиск вентилятора витрачається на подолання загального аеродинамічного опору зовнішньої мережі, включаючи втрати на її виході.

Динамічним тиском вентилятора $p_{\text{д}}$ вважають динамічний тиск потоку у вихідному перерізі вентилятора або різницю повного $p_{\text{п2}}$ і статичного $p_{\text{ст2}}$ тисків потоку в цьому перерізі, тобто

$$p_{\text{д}} = \frac{\rho v_2^2}{2}.$$

Динамічний тиск вентилятора є тією частиною його повного тиску, яка цілком втрачається на виході з мережі й може бути зменшеною шляхом розміщення на виході з вентилятора плавно розширюваного перехідного елемента – дифузора.

Статичним тиском вентилятора $p_{\text{ст}}$ називається різниця абсолютного статичного тиску потоку безпосередньо за вентилятором $p_{\text{ст2}}$ і абсолютного повного тиску $p_{\text{п1}}$ перед ним, тобто

$$p_{\text{ст}} = p_{\text{ст2}} - p_{\text{п1}} = p_{\text{ст2}} - p_{\text{ст1}} - \frac{\rho v_1^2}{2}.$$

Статичний тиск вентилятора є тією частиною його повного тиску, за рахунок якої долається аеродинамічний опір зовнішньої мережі.

Повний тиск вентилятора записується формулою

$$p_{\text{п}} = p_{\text{ст}} + p_{\text{д}}.$$

Стосовно шахтних вентиляторів, що працюють на всмоктування, відповідно до ГОСТ 11004–84 їх динамічний тиск розраховується за середньою швидкістю у вихідному перерізі дифузора. Повний тиск розраховується як різниця повних тисків повітряного потоку на виході з дифузора та перед входом у вентилятор і позначається p_v . Статичний тиск дорівнює різниці між повним і динамічним тисками та позначається p_{sv} . У експлуатаційних характеристиках вентиляторів наводиться залежність статичного тиску від подачі.

При порівнянні значень статичного та динамічного тисків вентиляторів виникає необхідність характеризувати їх не тільки повним, а й статичним ККД. При цьому повний ККД

$$\eta = \frac{Q p_v}{N} K,$$

а статичний ККД визначається за виразом

$$\eta_s = \frac{Q p_{sv}}{N} K,$$

де Q – подача вентилятора, м³/с; N – споживана ним потужність з урахуванням втрат у підшипниках, Вт, K – коефіцієнт стискуваності повітря у вентиляторі, що визначається відповідно до ГОСТ 10921–74 за виразом

$$K = 1 - 0,36 \frac{p_v}{p_{01}},$$

де p_{01} – абсолютний тиск повітряного потоку перед вентилятором.

2.2. Аеродинамічні характеристики шахтних вентиляторів

Основними параметрами, що характеризують аеродинамічні якості вентиляторів, є: подача Q , статичний тиск p_{sv} (при роботі вентилятора на всмоктування) або повний тиск p_v (при роботі вентилятора на нагнітання), потужність вентилятора N і його статичний η_s або повний η ККД (відповідно при p_{sv} або p_v). Залежність від подачі вказаних вище параметрів даного вентилятора при певній частоті обертання його ротора n і певних кутах установки θ лопатей робочого колеса, направляючого та спрямляючого апаратів

називається індивідуальною аеродинамічною характеристикою вентилятора.

Зазвичай ці характеристики отримують за результатами випробувань на стенді або безпосередньо на шахті та описують у вигляді графічних залежностей

$$p_{sv} = f(Q), N = f(Q), \eta_s = f(Q).$$

Характеристики будуються для повітря, яке має густину $1,2 \text{ кг/м}^3$. У довідниках характеристики наводяться у вигляді зведених графіків названих розмірних залежностей, що відповідають певним кутам установки лопатей робочих коліс, направляючих і спрямляючих апаратів або частотам обертання залежно від прийнятого способу регулювання режиму роботи вентилятора. Величини кутів установки лопатей і частоти обертання вказуються безпосередньо на кривих тиску та кривих потужності. На криві тиску накладені лінії сталих значень статичних ККД, на яких указані їх величини.

Аеродинамічні характеристики вентиляторів, що використовуються для провітрювання шахт, наведені в додатках 3 і 5.

Параметри робочого режиму вентилятора (подача Q та статичний тиск p_{sv}) визначаються координатами точки перетину відповідної кривої тиску з характеристикою вентиляційної мережі; величина статичного ККД вентилятора в даному режимі його роботи встановлюється шляхом інтерполяції робочої точки між двома найближчими до неї лініями сталих значень статичних ККД.

2.3. Вихідні дані для розрахунку та послідовність його виконання

Вихідними даними для розрахунку вентиляторної установки головного провітрювання шахти є:

- витрата повітря на шахті $Q_{ш}$, $\text{м}^3/\text{с}$;
- депресія шахти мінімальна $p_{ш \text{ мін}}$, Па;
максимальна $p_{ш \text{ макс}}$, Па.

Розрахунок виконують у такій послідовності:

1. Визначається потрібна подача та тиск вентилятора.
2. Вибирається вентилятор.
3. Обґрунтовується спосіб регулювання робочого режиму.
4. Визначаються параметри регулювання та статичні ККД.
5. Розраховується резерв подачі вентилятора.
6. Описується порядок реверсування повітряного потоку.
7. Вибирається привідний двигун вентилятора.
8. Визначається середньорічна витрата електроенергії на провітрювання шахти.

2.4. Визначення потрібної подачі та статичного тиску вентилятора

Потрібна подача вентилятора Q_B пов'язана з витратою повітря шахтою $Q_{Ш}$ залежністю:

$$Q_B = 1,2k_{\text{ВИТ}}Q_{Ш}, \quad (2)$$

де 1,2 – коефіцієнт, що враховує 20-відсотковий запас подачі;

$k_{\text{ВИТ}}$ – коефіцієнт врахування поверхневих підсмоктувань (витоків) повітря через нещільності в надшахтній будівлі та вентиляторній установці. Коефіцієнт $k_{\text{ВИТ}}$ приймає значення 1,25 при встановленні вентиляторів на скіповому стволі; 1,2 – на клітьовому; 1,1 – на стволах і шурфах, що не використовуються для підняття матеріалів; 1,3 – на шурфах, які використовуються для підняття та опускання матеріалів.

У розрахунках приймаємо, що загальношахтна депресія задана з урахуванням втрат тиску в каналах вентиляторної установки. У цьому разі мінімальний тиск, який повинен створювати вентилятор у початковий період експлуатації,

$$p_{sv1} = p_{Ш \text{ мін}};$$

максимальний тиск, який повинен створювати вентилятор у кінцевий період експлуатації,

$$p_{sv2} = p_{Ш \text{ макс}}.$$

2.5. Вибір вентилятора

Вибір вентиляторів виконують на зведеному графіку областей промислового використання шахтних вентиляторів головного провітрювання. Областю промислового використання або робочою називається область усталених і однозначних робочих режимів вентилятора зі статичним ККД $\eta_s \geq 0,6$, а також подачею повітря при реверсуванні повітряного струменя не менше 60% від подачі при прямій роботі. Практикою встановлено, що при тиску до 1500 Па слід використовувати осьові вентилятори, при тисках більше 3000 Па – відцентрові, а в діапазоні тисків 1500 – 3000 Па можливе використання як осьових, так і відцентрових машин – вибір вентиляторів для цього діапазону потребує техніко-економічного обґрунтування.

Зведені графіки областей промислового використання шахтних відцентрових та осьових вентиляторів головного провітрювання наведені в додатках 1, 2, 4.

Для вибору вентилятора на зведений графік областей промислового використання наносяться точки з координатами (Q_B, p_{sv1}) і (Q_B, p_{sv2}) та знаходиться вентилятор, в область промислового використання якого потрапляють обидві ці точки – саме цей вентилятор слід приймати.

У разі, коли вказані точки перекриваються робочими зонами кількох вентиляторів, то остаточний вибір вентилятора повинен виконуватися на базі техніко-економічного порівняння різних варіантів. Але виконання подібних розрахунків виходить за межі даної роботи, тому в цьому завданні можна приймати будь-який вентилятор із цієї групи.

Якщо в область промислового використання вентилятора входить лише точка з координатами (Q_B, p_{sv2}) , то необхідно передбачити додаткове грубе (ступінчасте) регулювання зміною частоти обертання ротора вентилятора шляхом заміни привідного двигуна на другий з іншими обертами та потужністю (у відцентрових вентиляторах) або зняттям половини лопатей на робочому колесі другого ступеня (у осьових вентиляторах типу ВОД).

2.6. Обґрунтування способу регулювання робочого режиму вентилятора

При виборі способів регулювання вентиляторів потрібно враховувати, що конкретні установки розраховані на використання певних способів.

Установки з відцентровими вентиляторам, окрім вентилятора ВЦД-47,5А оснащені для регулювання осьовим направляючим апаратом (ОНА), що дозволяє здійснювати плавне регулювання при працюючому вентиляторі шляхом одночасного повороту лопатей ОНА. Крім того, у разі необхідності зміни режиму роботи в більш широких межах ці вентилятори можуть регулюватися шляхом одноразової заміни привідного двигуна на інший з другою частотою обертання.

Робочий режим вентиляторних установок ВЦД-31,5М і ВЦД-47,5У залежно від виконання може регулюватися осьовим направляючим апаратом або зміною частоти обертання ротора в межах $(0,5 - 1,0)n_{ном}$.

Установка ВЦД-47,5А комплектується лише регульованим приводом.

Осьові двоступеневі вентилятори ВОД-21М, ВОД-30М, ВОД-40М, ВОД-50 регулюються комбінованим способом – ступінчасто шляхом індивідуального повороту лопатей робочого колеса на $3 - 4^\circ$ через люки в корпусі при зупиненому вентиляторі та плавно за рахунок одночасного повороту лопатей направляючого або спрямляючого апаратів як при зупиненому так і працюючому вентиляторі. Направляючий апарат вентилятора розміщений перед робочим колесом другого ступеня, спрямляючий апарат – на виході з машини. Крім того, у разі необхідності збільшення глибини регулювання за тиском, режим роботи цих вентиляторів може змінюватися шляхом зняття половини лопатей на робочому колесі другого ступеня. Лопаті знімаються через одну.

Вентилятор ВОД-16П – двоступеневий осьовий вентилятор, двопривідний, з робочими колесами зустрічного обертання, не регулюється. Призначений для головного провітрювання шахт і рудників малої виробничої потужності.

2.7. Визначення параметрів регулювання та статичних ККД

Необхідна величина кутів установлення лопатей робочого колеса осьового вентилятора або лопатей осьового направляючого апарата відцентрового вентилятора, потрібна частота обертання ротора вентилятора, який регулюється плавною зміною частоти обертання, значення статичних ККД вентилятора в початковий і кінцевий періоди його експлуатації визначаються за допомогою індивідуальної зведеної характеристики вибраного вентилятора (див. приклад розрахунку). На цю характеристику наносяться точки 1 і 2 з координатами відповідно (Q_B, p_{sv1}) і (Q_B, p_{sv2}) . Далі шляхом інтерполяції точки 1 між двома найближчими до неї кривими тиску знаходять кути установлення лопатей робочого колеса θ_1 або частоти обертання ротора n_1 для початкового періоду експлуатації вентилятора. Шляхом інтерполяції цієї точки між двома найближчими до неї кривими сталих значень статичних ККД визначають величину статичного ККД вентилятора у цей період експлуатації η_{s1} . Аналогічно шляхом інтерполяції точки 2 між двома найближчими до неї кривими тиску знаходять кути установлення лопатей робочого колеса θ_2 або частоту обертання ротора n_2 для кінцевого періоду експлуатації вентилятора, а шляхом інтерполяції між двома найближчими до неї кривими сталих значень статичних ККД визначають величину статичного ККД вентилятора η_{s2} у кінцевий період експлуатації.

Безпосередньо необхідний режим роботи відцентрового та осьового вентиляторів забезпечується дещо по різному. Для відцентрового вентилятора потрібна величина параметра регулювання визначається та встановлюється одразу. Для осьового вентилятора – це виконується в два етапи. Спочатку визначається величина та під потрібним кутом встановлюються лопаті робочого колеса при зупиненому вентиляторі. Після цього тонким регулюванням, що полягає в підкручуванні створюваного потоку поворотом лопатей направляючого і (або) спрямляючого апаратів, забезпечується потрібний режим роботи вентилятора. Підкручування потоку за напрямком обертання ротора викликає зменшення створюваного тиску, а підкручування проти напрямку обертання – зростання тиску. Допустимі межі підкручування потоку поворотними лопатями встановлюються експериментально і вказуються на прикладених аеродинамічних характеристиках вентиляторів.

Період роботи вентилятора при певних значеннях параметрів регулювання встановлюється за величиною подачі – якщо фактична подача установки стає меншою, ніж потрібна, то це свідчить про необхідність збільшення величини параметра регулювання.

2.8. Встановлення резерву подачі вентилятора

Резерв подачі вибраного вентилятора визначається в найбільш важкий період провітрювання шахти (при найбільшому аеродинамічному опорі

вентиляційної мережі). Це завдання також вирішується за допомогою індивідуальної зведеної характеристики вентилятора. На область промислового використання вентилятора, що виділена на цій характеристиці, наноситься характеристика шахтної вентиляційної мережі при максимальному її опорі. Відповідно до рівняння (1) графіком характеристики мережі є квадратична парабола з вершиною на початку координат. Беручи до уваги, що точка 2 з координатами $(Q_B, p_{ш\ макс})$ належить характеристиці мережі, підставляємо в рівняння (1) координати цієї точки та розраховуємо максимальний аеродинамічний опір вентиляційної мережі:

$$R_{ш\ макс} = \frac{p_{ш\ макс}}{Q_B^2}, \text{ Па} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6. \quad (3)$$

Записуємо рівняння характеристики шахтної вентиляційної мережі при максимальному її опорі:

$$p_{ш} = R_{ш\ макс} Q^2. \quad (4)$$

За цим рівнянням будуємо графік характеристики мережі, склавши попередньо таблицю для її побудови. Для цього задаємося кількома довільними значеннями витрати повітря Q (4 – 5 значень) та розраховуємо відповідну їй загальношахтну депресію $p_{ш}$.

Таблиця для побудови графіка характеристики зовнішньої мережі

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$				
$p_{ш}, \text{ Па}$				

Знаходимо точку перетину побудованої характеристики мережі з верхньою або правою межею області промислового використання вентилятора. Абсциса точки перетину показує величину максимально можливої подачі $Q_{\ макс}$ у найбільш важкий період провітрювання шахти.

Резерв подачі вибраного вентилятора визначається за формулою

$$\Delta Q = \left(\frac{Q_{\ макс}}{Q_B} - 1 \right) 100 \%. \quad (5)$$

2.9. Послідовність виконання реверсування повітряного потоку

Спосіб реверсування повітряного потоку залежить від типу прийнятого вентилятора.

Відцентровий вентилятор – машина нереверсивна, тому змінити напрямок створюваного ним потоку неможливо зміною напрямку обертання ротора. В установках з відцентровими вентиляторами реверсування вентиляційного струменя здійснюється за допомогою системи каналів і ляд. Принципова технологічна схема такої установки з реверсивними та перемикальними пристроями наведена на рис. 3.

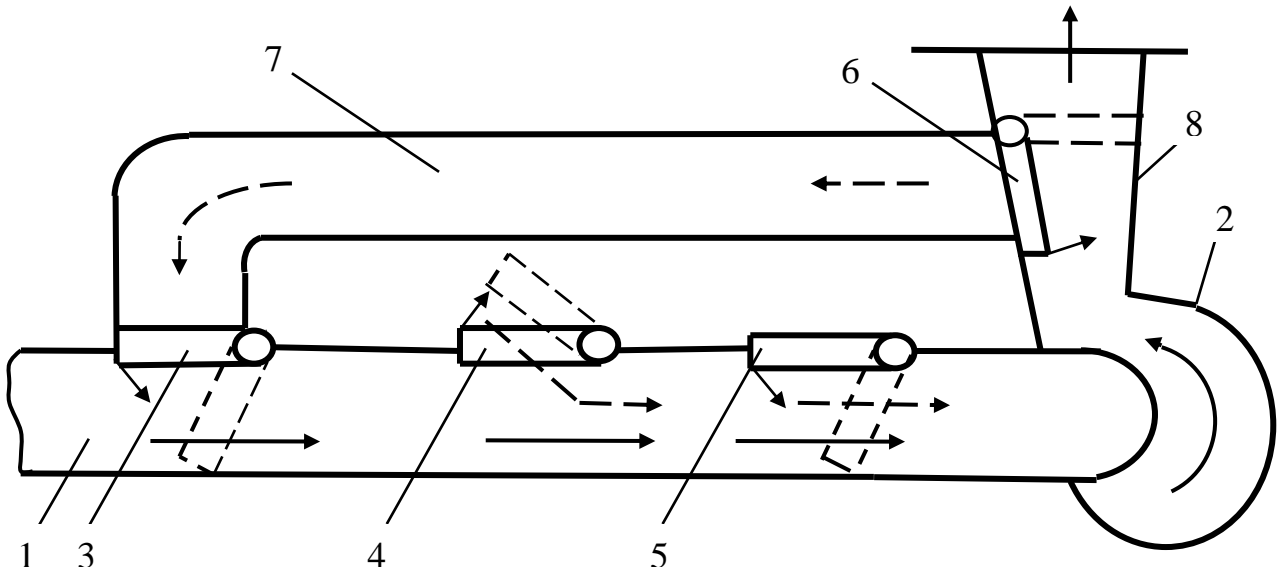


Рис. 3. Технологічна схема реверсування вентиляційного струменя в установці з відцентровим вентилятором

При нормальній роботі вентилятора повітря з шахти, як показано суцільними стрілками, надходить по вентиляційному каналу 1 до вентилятора 2 і спрямовується ним через дифузор 8 в атмосферу. Ляди (перекриваюча 3, атмосферна 4, перемикальна 5 та дифузора 6) встановлені в положеннях, зображених суцільними лініями.

При реверсуванні повітряного струменя з електродвигуна працюючого вентилятора знімається напруга, через 1,5 – 2 хвилини ляди 3, 4, 6 переставляються в положення, що зображені на схемі пунктирними лініями, після чого знову включається вентилятор. Повітря в цьому разі, як показано штриховими стрілками, буде надходити в установку з атмосфери через отвір, відкритий атмосферою лядою 4, потрапляти у вентилятор, далі в дифузор, з нього в обвідний канал 7 і через головний вентиляційний канал 1 спрямовуватися в шахту. При цьому подається 90 – 95 % повітря від витрати його при нормальній роботі. Через те, що головна вентиляторна установка складається з двох вентиляторів, то лядя 5 відключає вентилятор, коли в роботі буде друга машина. Її положення для цього випадку показано штрихами.

Осьовий вентилятор – це реверсивна машина, тому при зміні напрямку обертання ротора міняється напрямок потоку, створюваного будь-яким осьовим вентилятором. Але сучасні осьові вентилятори оснащені спеціально

спрофільованими лопатями, які забезпечують високу їх ефективність при нормальній роботі, і в разі зміни напрямку обертання ротора конфігурація проточної частини вентилятора перестає відповідати новим умовам його роботи. При зміні напрямку обертання ротора повітря, рухаючись через машину від дифузора до вхідного колектора, буде обтікати лопаті робочих коліс, спрямляючого та направляючого апаратів з боку гострих кромки, що призведе до значного зменшення тиску та подачі вентилятора. Для покращення аеродинамічних показників при реверсуванні в сучасних осьових вентиляторах ВОД-21М, ВОД-30М, ВОД-40М, ВОД-50 одночасно зі зміною напрямку обертання міняють кут установки лопатей апаратів – лопаті направляючого апарата повертають на 180°, лопаті спрямляючого апарата – на 160°.

Послідовність переходу осьових вентиляторів на реверсивний режим роботи така. Припиняється живлення привідного двигуна і за допомогою гальмівного пристрою різко скорочується час зупинки ротора. При загальмованому роторі усі лопаті направляючого та спрямляючого апаратів повертаються в новий загальний стан за допомогою спеціальних приводів, що мають як ручне, так і дистанційне керування. Змінюють фази живлення та вмикають двигун.

В установках з вентиляторами зустрічного обертання ВОД-16П реверсування повітряного струменя здійснюється зміною напрямку обертання обох роторів вентилятора.

2.10. Вибір привідного двигуна вентилятора

Вибір привідного двигуна вентилятора виконується за потужністю на валу вентилятора в початковий та кінцевий періоди експлуатації з урахуванням потрібної частоти обертання.

Потужність на валу вентилятора в початковий період його експлуатації визначається за формулою

$$N_1 = \frac{Q_{\text{в}} p_{\text{sv}1}}{1000 \eta_{\text{s}1}}, \text{кВт.} \quad (6)$$

Потужність у кінцевий період експлуатації

$$N_2 = \frac{Q_{\text{в}} p_{\text{sv}2}}{1000 \eta_{\text{s}2}}, \text{кВт.} \quad (7)$$

Двигун вибирається за максимальною потужністю на валу вентилятора в період його роботи з даною сталою частотою обертання.

Вентилятори потужністю до 200 кВт комплектуються асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором на напругу 380 В. При потужності 500 – 1600 кВт використовують зазвичай синхронні двигуни, а також асинхронні двигуни з фазним ротором напругою 6 кВ, при потужності

більшій 2000 кВт використовують лише асинхронні двигуни з фазним ротором напругою 6 кВ.

Технічні характеристики двигунів, що використовують для приводу вентиляторів, наведені в додатках 6,7, 8.

2.11. Визначення середньорічної витрати електроенергії на провітрювання шахти

Середньорічну витрату електроенергії на провітрювання шахти розраховуємо за формулою

$$E_{\text{ср}} = \frac{N_1 + N_2}{2\eta_{\text{дв}}\eta_{\text{ел.мер.}}} 24 \cdot 365, \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}, \quad (8)$$

де $\eta_{\text{дв}}$ – ККД електродвигуна; $\eta_{\text{ел.мер.}}$ – ККД електричної мережі (залежно від відстані установки до підстанції та робочої напруги складає 0,95 – 0,98).

3. Приклад розрахунку головної вентиляторної установки шахти

3.1. Вихідні дані – витрата повітря на шахті $Q_{\text{ш}} = 100 \text{ м}^3/\text{с}$;

– депресія шахти мінімальна $p_{\text{ш мін}} = 2000 \text{ Па}$;

максимальна $p_{\text{ш макс}} = 4000 \text{ Па}$.

3.2. Визначення потрібної подачі та статичного тиску вентилятора

Потрібна подача вентилятора $Q_{\text{в}}$ пов'язана з витратою повітря на шахті $Q_{\text{ш}}$ залежністю:

$$Q_{\text{в}} = 1,2k_{\text{вит}}Q_{\text{ш}},$$

де 1,2 – коефіцієнт, що враховує 20-відсотковий запас подачі;

$k_{\text{вит}}$ – коефіцієнт врахування поверхневих підсмоктувань (витоків) повітря через нещільності в надшахтній будівлі та вентиляторній установці.

Приймаємо, що вентилятор встановлений на скіповому стволі, тому $k_{\text{вит}} = 1,25$. Тоді

$$Q_{\text{в}} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 100 = 150 \text{ м}^3/\text{с}.$$

У розрахунках приймаємо, що загальношахтна депресія задана з урахуванням втрат тиску в каналах вентиляторної установки. У цьому разі мінімальний тиск, який має створювати вентилятор у початковий період експлуатації,

$$p_{\text{sv1}} = p_{\text{ш мін}} = 2000 \text{ Па};$$

максимальний тиск, який повинен створювати вентилятор у кінцевий період експлуатації,

$$p_{sv2} = p_{ш \text{ макс}} = 4000 \text{ Па.}$$

3.3. Вибір вентилятора

Для вибору вентилятора на зведений графік областей промислового використання наносимо точки з координатами:

точка 1 ($Q_B = 150 \text{ м}^3/\text{с}; p_{sv1} = 2000 \text{ Па}$);

точка 2 ($Q_B = 150 \text{ м}^3/\text{с}; p_{sv2} = 4000 \text{ Па}$).

Встановлюємо, що обидві точки потрапляють в область промислового використання вентилятора ВОД-30М при частоті обертання ротора $n=600$ об/хв, тому приймаємо цей вентилятор.

3.4. Обґрунтування способу регулювання робочого режиму вентилятора

До встановлення прийнято осьовий двоступеневий вентилятор ВОД-30М. Робочий режим цього вентилятора регулюється комбінованим способом – ступінчасто шляхом індивідуального повороту лопатей робочого колеса на $3 - 4^\circ$ через люки в корпусі при зупиненому вентиляторі та плавно за рахунок одночасного повороту лопатей направляючого або спрямляючого апаратів як при зупиненому, так і працюючому вентиляторі. Направляючий апарат вентилятора розміщений перед робочим колесом другого ступеня, спрямляючий апарат – на виході з машини. Крім того, у разі необхідності збільшення глибини регулювання за тиском, режим роботи цього вентилятора може змінюватися шляхом зняття половини лопатей на робочому колесі другого ступеня. Лопаті знімаються через одну.

3.5. Визначення параметрів регулювання та статичних ККД

Необхідна величина кутів установлення лопатей робочого колеса прийнятого осьового вентилятора та значення статичних ККД вентилятора в початковий і кінцевий періоди його експлуатації визначаємо за допомогою індивідуальної зведеної характеристики вибраного вентилятора (рис. 4).

На цю характеристику наносимо точки 1 і 2 за зазначеними раніше координатами:

точка 1 ($Q_B = 150 \text{ м}^3/\text{с}; p_{sv1} = 2000 \text{ Па}$);

точка 2 ($Q_B = 150 \text{ м}^3/\text{с}; p_{sv2} = 4000 \text{ Па}$).

Точка 1 знаходиться на зведеній аеродинамічній характеристиці вентилятора ВОД-30М між кривими тиску, що отримані при кутах установлення лопатей робочого колеса 20 і 25° . Тому для початкового періоду експлуатації вентилятора приймаємо кут установлення лопатей $\theta_1 = 25^\circ$ – під цим кутом лопаті встановлюються при зупиненому вентиляторі. Налаштування працюючого вентилятора на роботу в режимі 1 виконується поворотними лопатями направляючого та спрямляючого апаратів – спочатку ними потік підкручується в напрямку обертання ротора для зменшення тиску вентилятора,

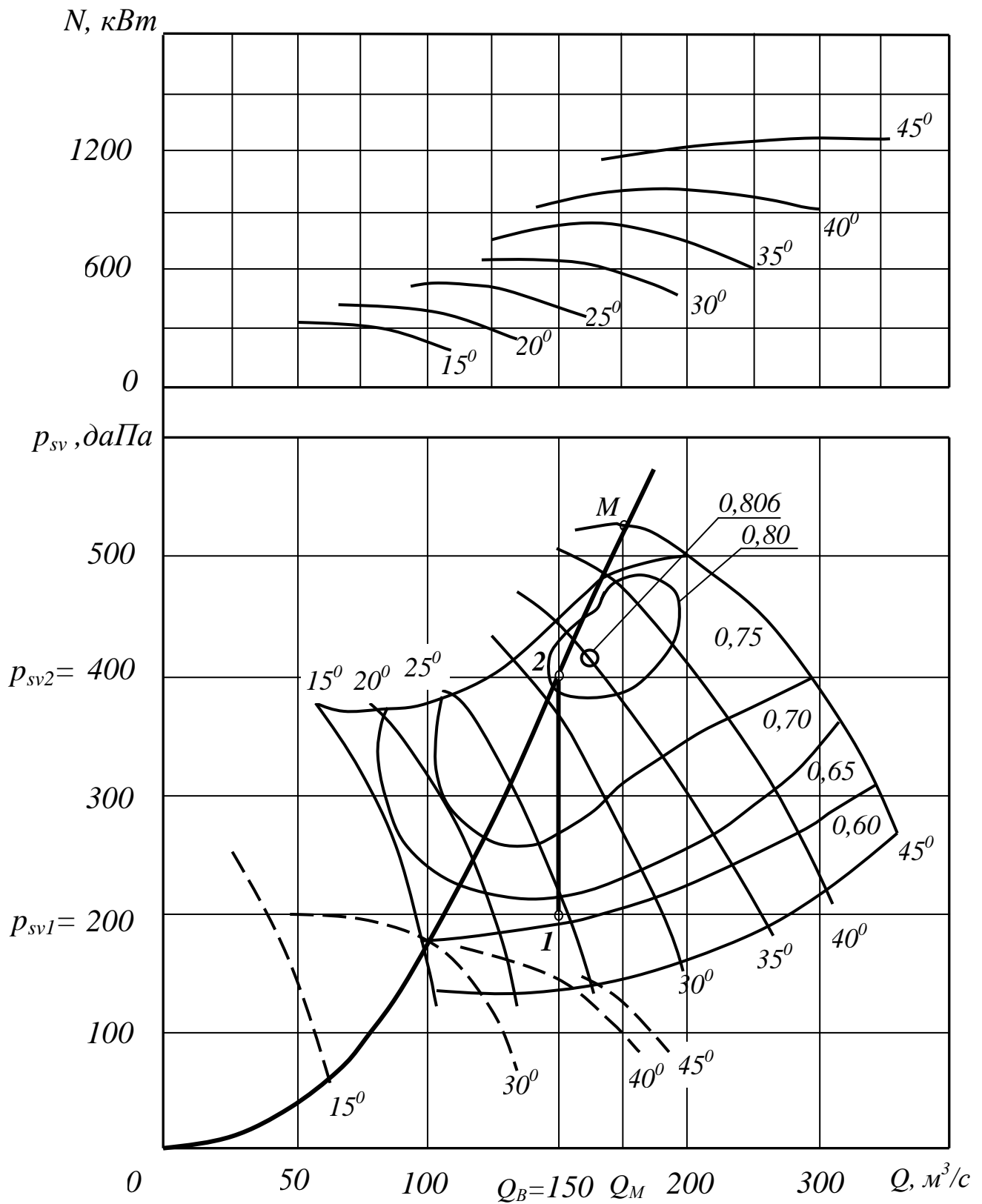


Рис. 4. Робочі режими вентилятора в початковий та кінцевий періоди його експлуатації

а після того, як подача стане меншою, ніж Q_B , потік слід підкручувати проти напрямку обертання ротора для збільшення тиску вентилятора в допустимих межах. Після використання цієї можливості щодо забезпечення необхідної подачі вентилятора треба збільшити кут установлення лопатей робочого колеса до $\theta'_1 = 30^\circ$ і підкручуванням потоку спочатку за напрямком обертання ротора, а далі в протилежному напрямку підтримувати потрібну подачу при зростаючій депресії шахти.

У разі неможливості виконання цього етапу роботи вентилятора при куті установлення лопатей $\theta'_1 = 30^\circ$ треба в кінцевий період його експлуатації збільшити кут установлення лопатей робочого колеса до $\theta_2 = 35^\circ$ (режим 2).

Щодо кривих сталих значень статичних ККД точка 1 знаходиться на характеристиці вентилятора між кривою, що відповідає статичному ККД 0,65, та кривою, що відповідає статичному ККД 0,7. Шляхом інтерполяції встановлюємо, що в початковий період експлуатації статичний ККД вентилятора $\eta_{s1} = 0,67$.

Аналогічно встановлюємо, що в кінцевий період експлуатації статичний ККД вентилятора $\eta_{s2} = 0,801$.

3.6. Встановлення резерву подачі вентилятора

Резерв подачі вибраного вентилятора визначаємо в найбільш важкий період провітрювання шахти (при найбільшому аеродинамічному опорі вентиляційної мережі). Це завдання також вирішується за допомогою індивідуальної зведеної характеристики вентилятора. На область промислового використання вентилятора, що виділена на цій характеристиці, наноситься характеристика шахтної вентиляційної мережі при максимальному її опорі. Відповідно до рівняння (1) графіком 25° характеристики мережі є квадратична парабола з вершиною на початку координат. Беручи до уваги, що точка 2 з координатами $(Q_B, p_{ш \text{ макс}})$ належить характеристиці мережі, підставляємо в рівняння (1) координати цієї точки та розраховуємо за формулою (3) максимальний аеродинамічний опір вентиляційної мережі:

$$R_{ш \text{ макс}} = \frac{p_{ш \text{ макс}}}{Q_B^2} = \frac{4000}{150^2} = 0,178 \text{ Па} \cdot \text{с}^2/\text{м}^6.$$

Записуємо рівняння характеристики шахтної вентиляційної мережі при максимальному її опорі:

$$p_{ш} = 0,178 Q^2.$$

За цим рівнянням будуємо графік характеристики мережі, склавши попередньо таблицю для її побудови. Для цього задаємося кількома довільними значеннями витрати повітря Q (4 – 5 значень) та розраховуємо відповідну їй загальношахтну депресію $p_{ш}$.

Дані для побудови графіка характеристики зовнішньої мережі

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0	50	100	150	180
$p_{\text{ш}}, \text{ Па}$	0	444	1778	4000	5760

Знаходимо точку перетину побудованої характеристики мережі з правою межею області промислового використання вентилятора (точка M). Абсциса цієї точки відображає величину максимально можливої подачі $Q_{\text{макс}}$ у найбільш важкий період провітрювання шахти. У даному випадку $Q_{\text{макс}} = Q_M = 175 \text{ м}^3/\text{с}$.

Резерв подачі вибраного вентилятора

$$\Delta Q = \left(\frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{\text{в}}} - 1 \right) 100 \% = \left(\frac{175}{150} - 1 \right) 100 \% = 16,7 \%$$

3.7. Послідовність реверсування повітряного потоку

Прийнято осьовий вентилятор, тому реверсування повітряного потоку виконуємо змінюючи напрямок обертання ротора при одночасному повороті лопатей направляючого апарата на 180° , а лопатей спрямляючого апарата – на 160° .

Порядок переходу вентилятора на реверсивний режим роботи такий. Припиняється живлення привідного двигуна і за допомогою гальмівного пристрою різко скорочуємо час зупинки ротора. При загальмованому роторі за допомогою спеціальних приводів, що мають як ручне, так і дистанційне керування, повертають у належний стан усі лопаті направляючого та спрямляючого апаратів. Змінюють фази живлення та вмикають двигун.

3.8. Вибір привідного двигуна вентилятора

Привідний двигун вентилятора вибирають за потужністю на валу вентилятора в початковий та кінцевий періоди експлуатації з урахуванням потрібної частоти обертання.

Потужність на валу вентилятора в початковий період його експлуатації визначаємо за формулою (6):

$$N_1 = \frac{Q_{\text{в}} p_{\text{sv}1}}{1000 \eta_{\text{s}1}} = \frac{150 \cdot 2000}{1000 \cdot 0,67} = 448 \text{ кВт.}$$

Потужність у кінцевий період експлуатації відповідно до формули (7)

$$N_2 = \frac{Q_{\text{в}} p_{\text{sv}2}}{1000 \eta_{\text{s}2}} = \frac{150 \cdot 4000}{1000 \cdot 0,801} = 749 \text{ кВт.}$$

Двигун вибираємо за максимальною потужністю на валу вентилятора в період його роботи з даною сталою частотою обертання.

Приймаємо синхронний електродвигун серії СДН-2 напругою 6 кВ, частотою 50 Гц типу 16-44-10

Технічні дані синхронного електродвигуна 16-44-10

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	ККД, %
16-44-10	800	600	94,9

3.9. Визначення середньорічної витрати електроенергії на провітрювання шахти

Середньорічну витрату електроенергії на провітрювання шахти визначаємо за формулою (8):

$$E_{\text{ср}} = \frac{N_1 + N_2}{2\eta_{\text{дв}}\eta_{\text{ел.мер.}}} 24 \cdot 365, \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

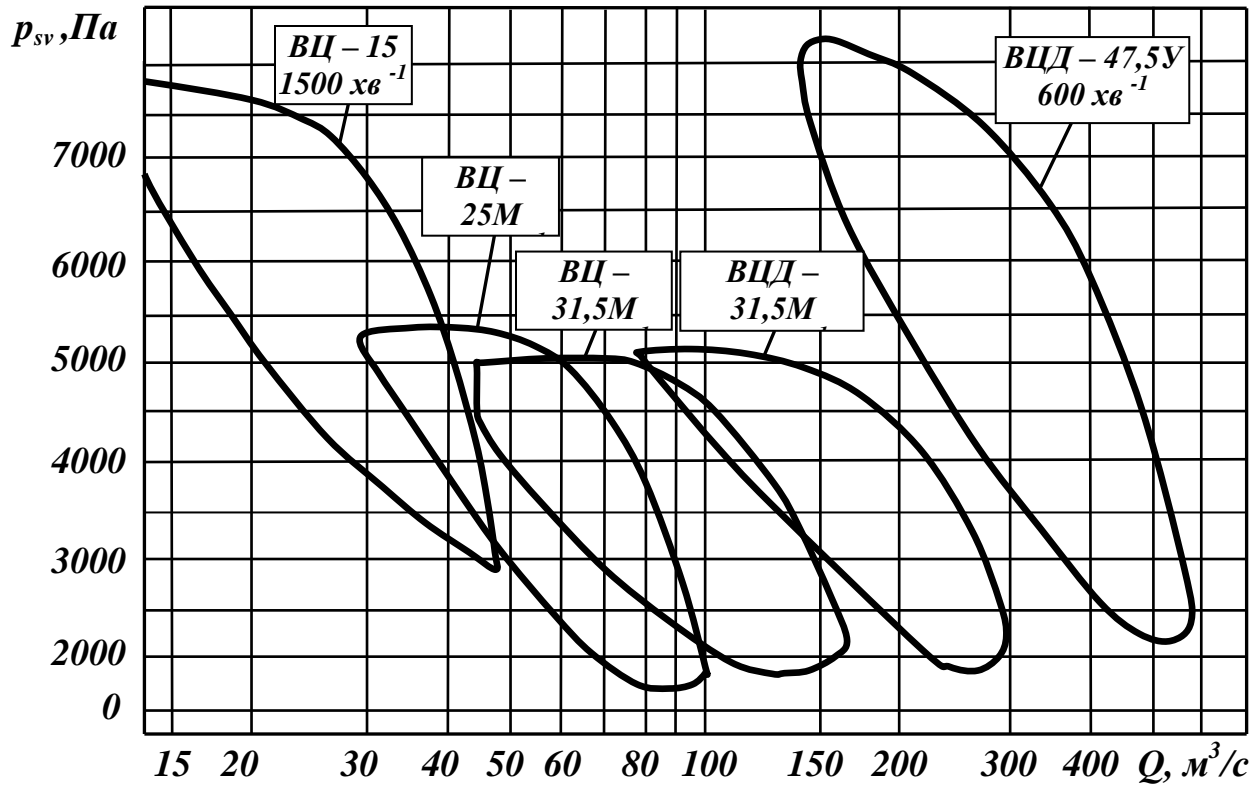
де $\eta_{\text{дв}} = 0,949$ – ККД електродвигуна; $\eta_{\text{ел.мер.}} = 0,96$ – ККД електричної мережі (залежно від відстані встановлення установки до підстанції та робочої напруги складає 0,95 – 0,98).

$$E_{\text{ср}} = \frac{448 + 749}{2 \cdot 0,949 \cdot 0,96} 24 \cdot 365 = 5754807 = 5,76 \cdot 10^6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

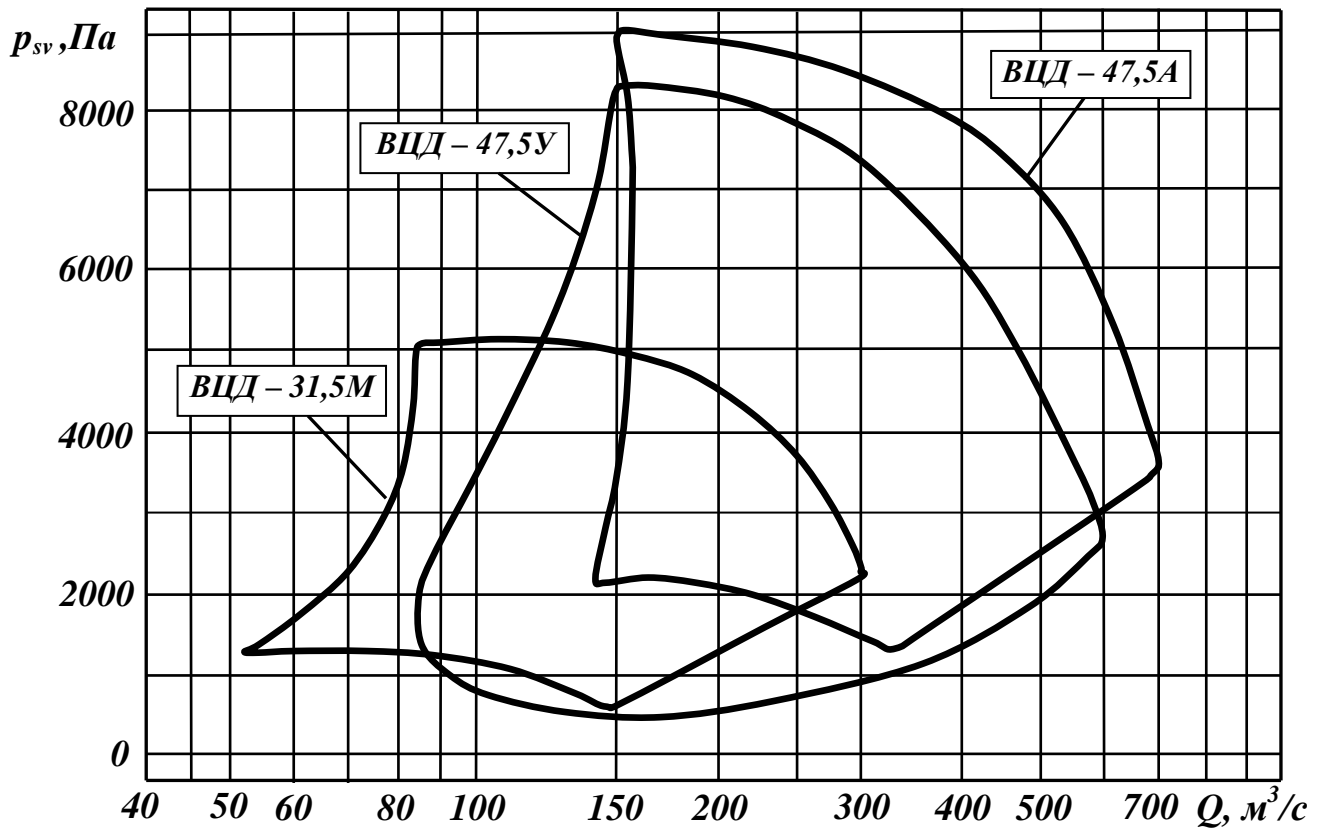
Додатки

Додаток 1

Зведений графік областей промислового використання шахтних відцентрових вентиляторів головного провітрювання, що регулюються зміною кутів установки лопатей направляючого апарата $\theta_{НА}$

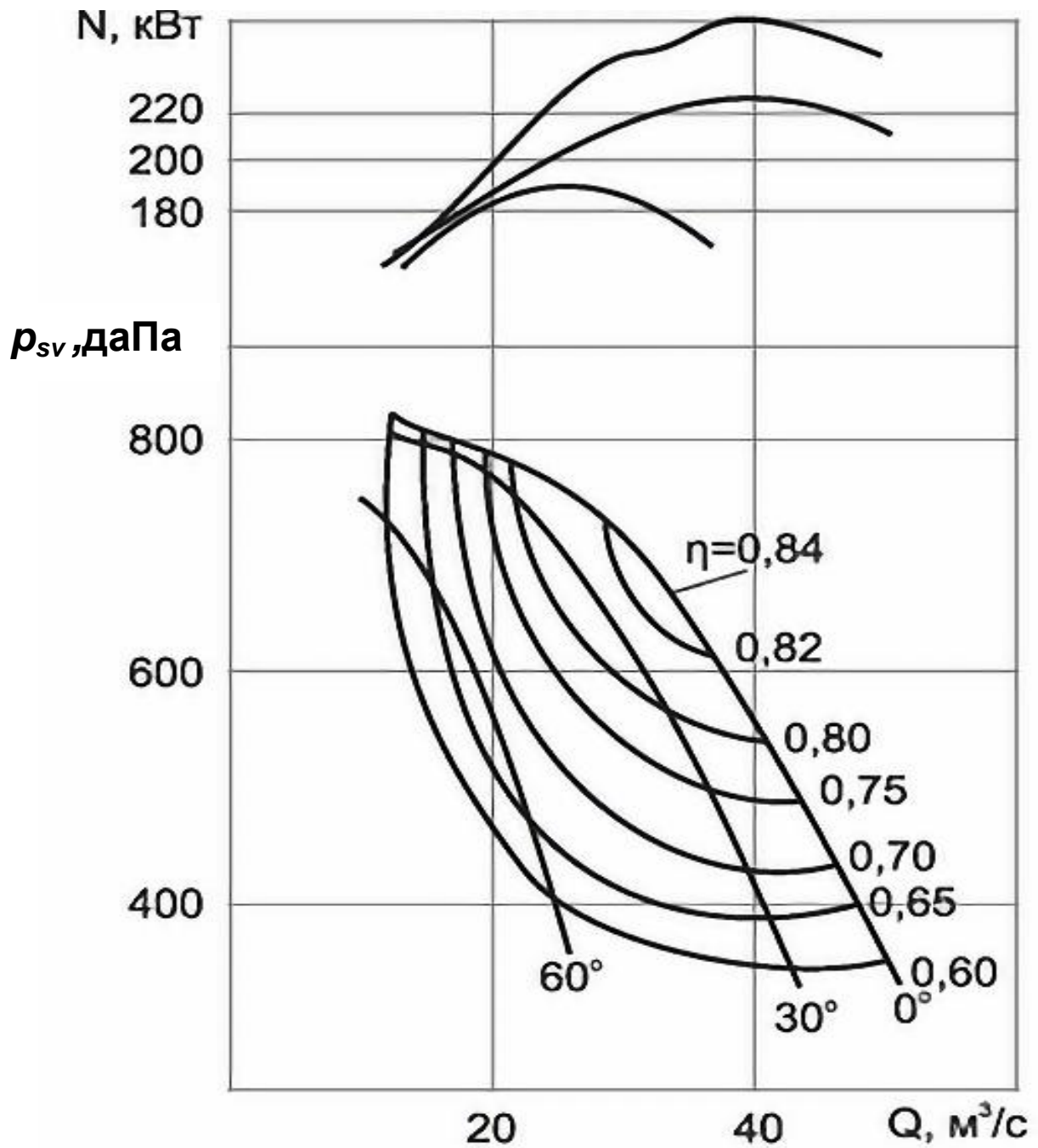


Зведений графік областей промислового використання шахтних відцентрових вентиляторів головного провітрювання, що регулюються зміною частоти обертання ротора n за допомогою регульованого електроприводу

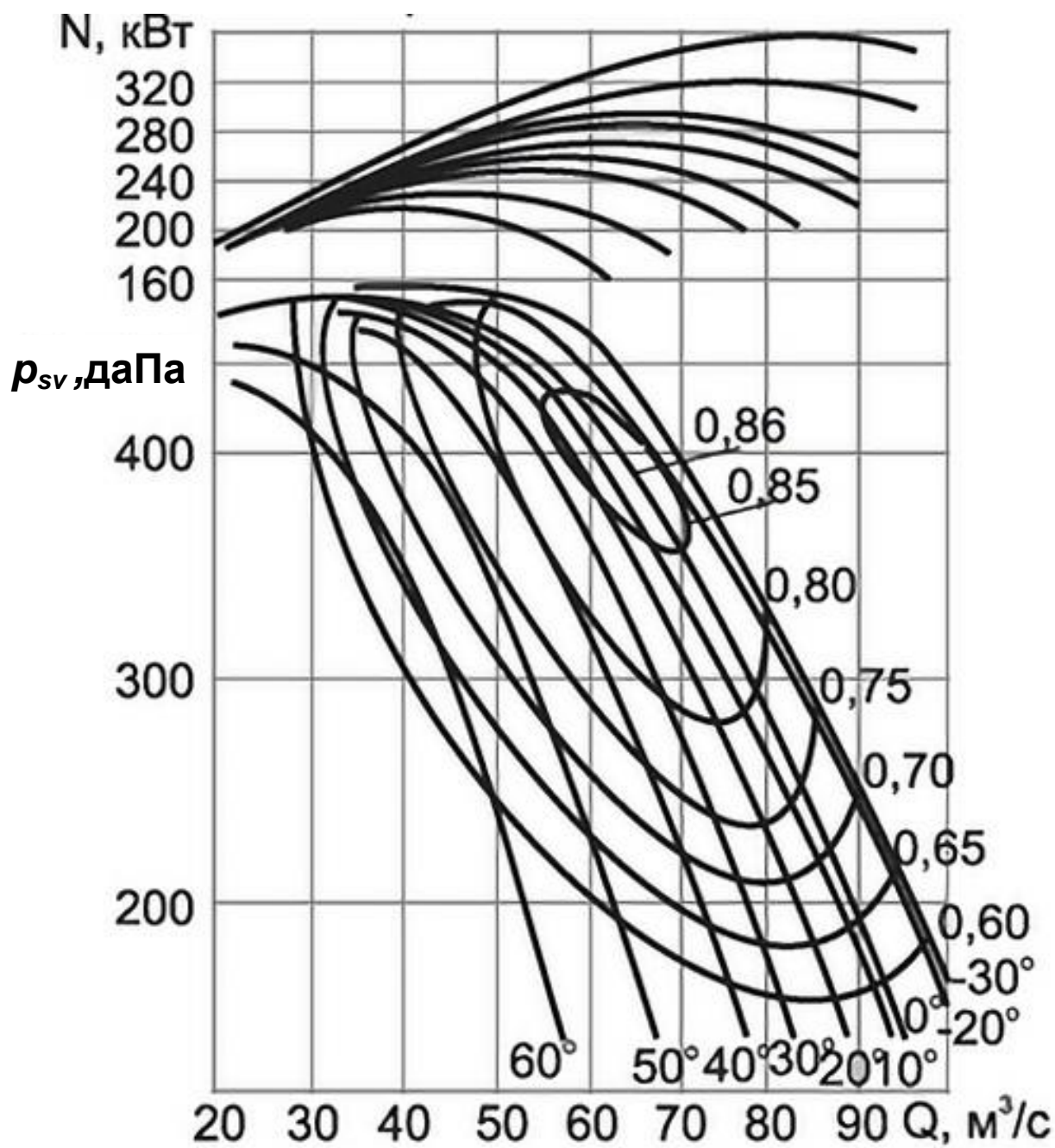


Індивідуальні аеродинамічні характеристики відцентрових вентиляторів

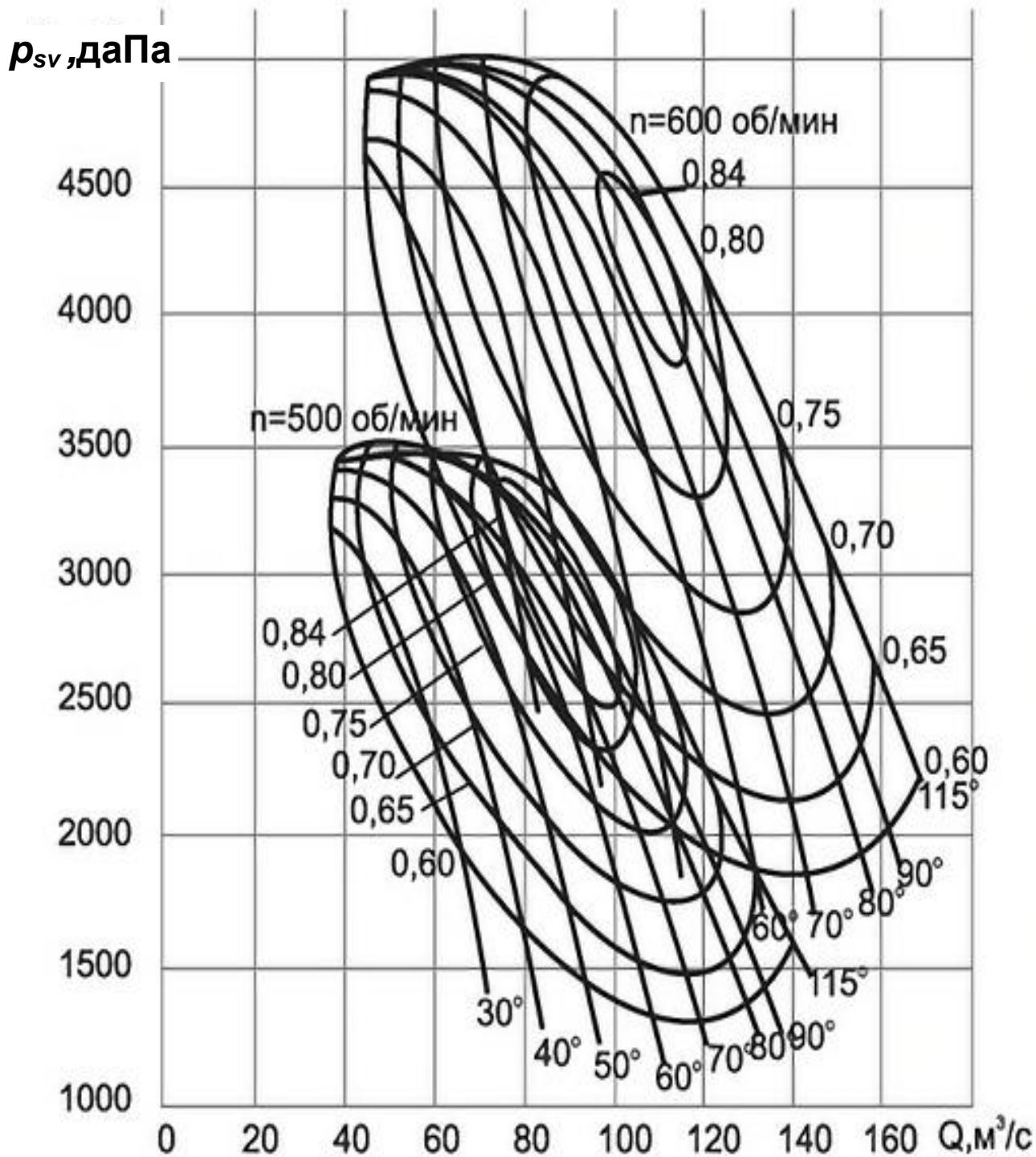
Вентилятор ВЦ-15 при $n=1500$ об/хв



Вентилятор ВЦ-25М при $n = 750$ об/хв

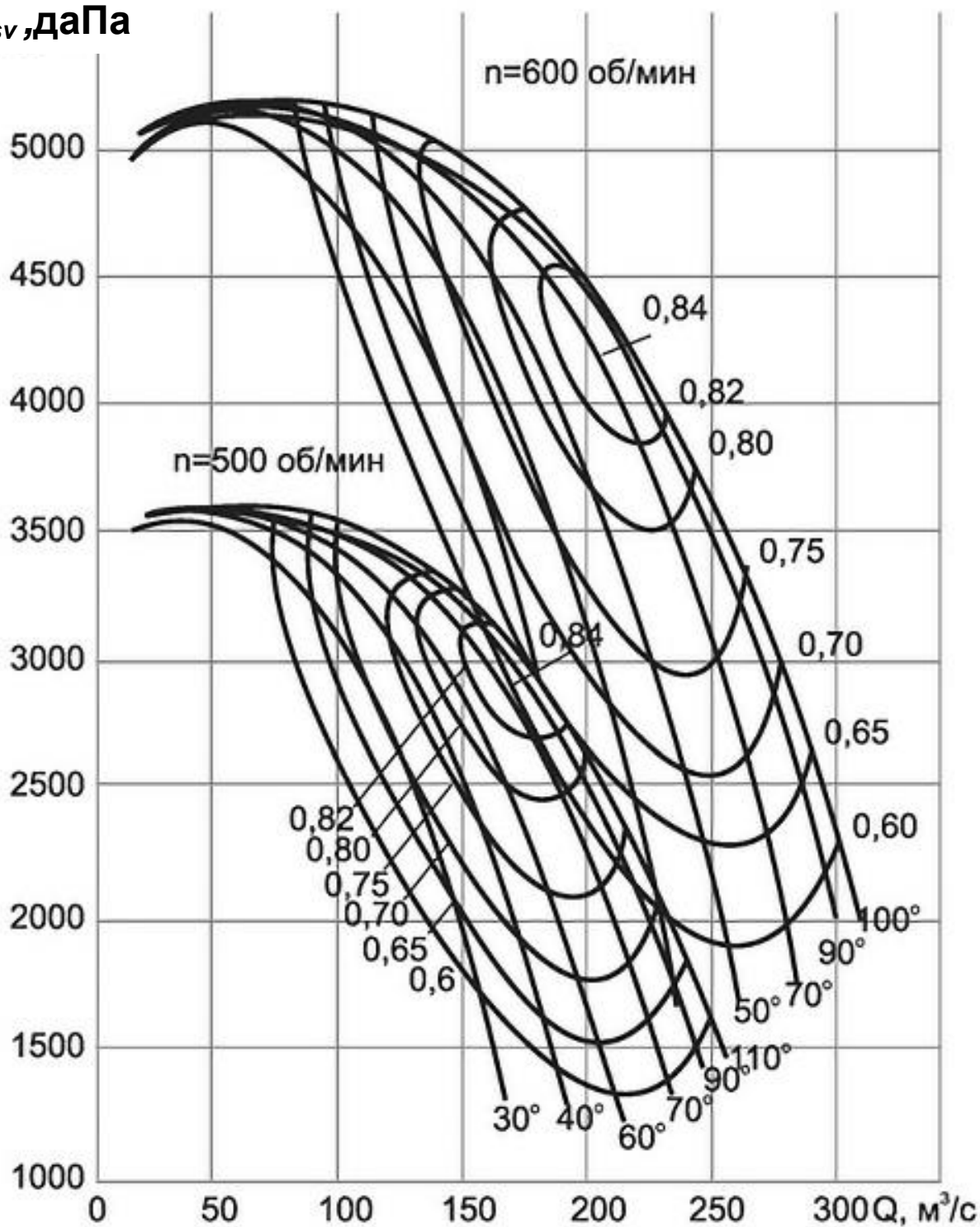


Вентилятор ВЦ-31,5М при $n = 500$ об/хв та $n = 600$ об/хв

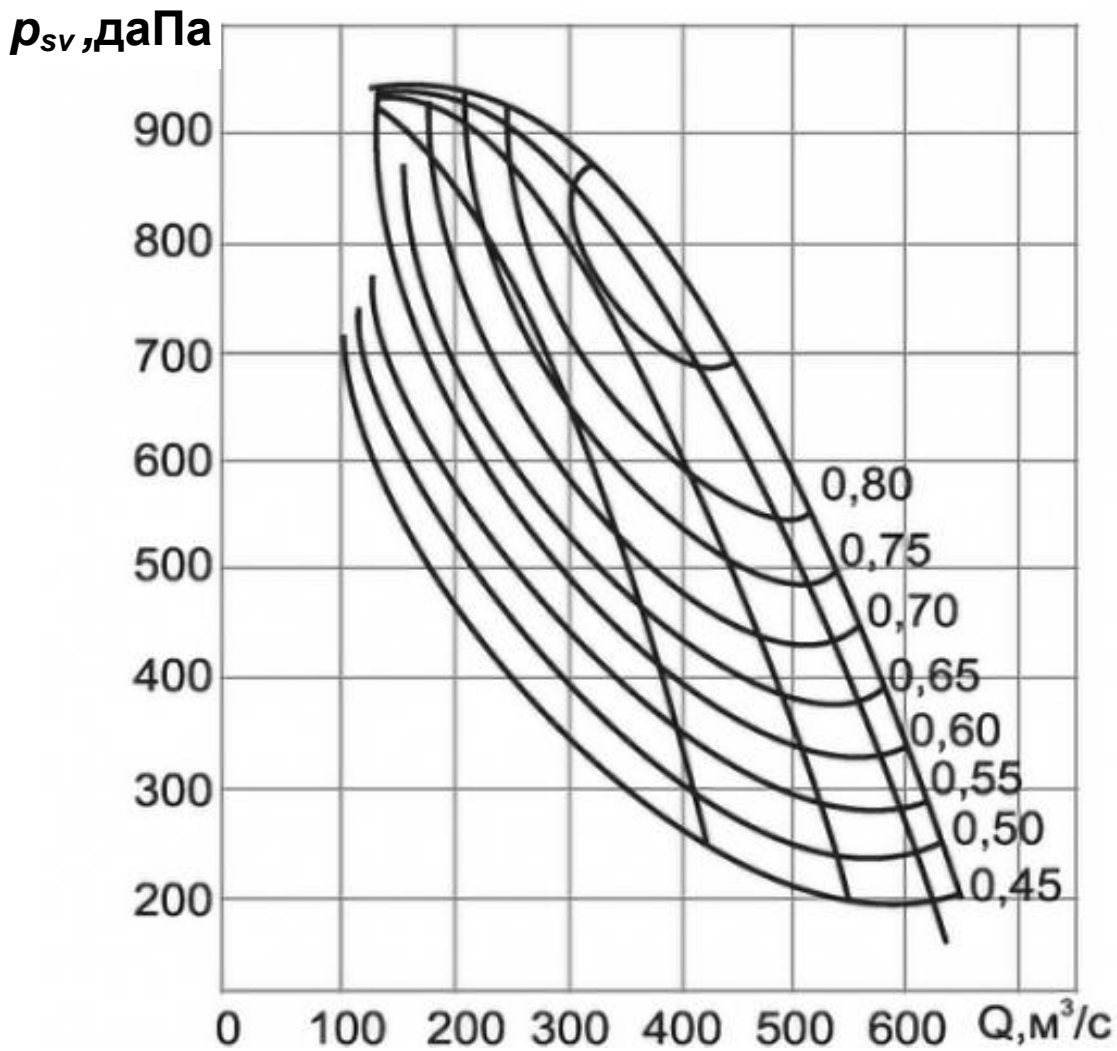
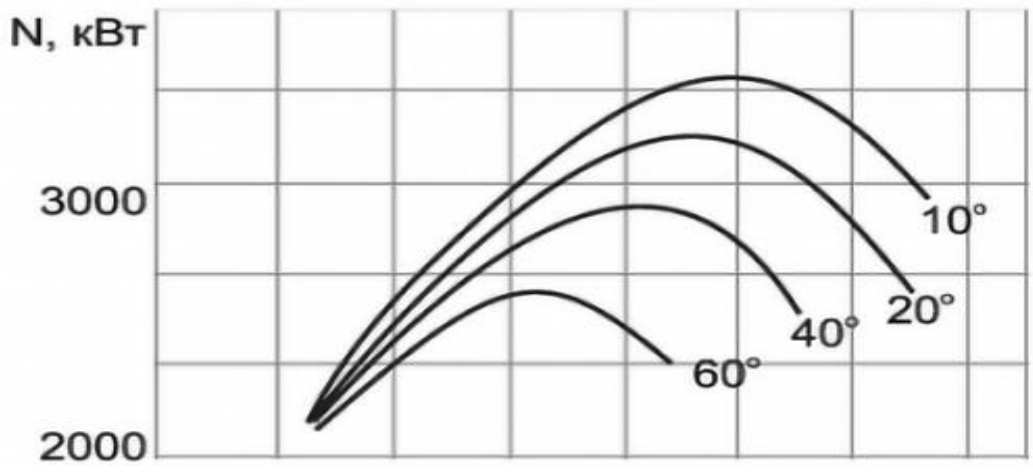


Вентилятор ВЦД-31,5М при $n = 500$ об/хв та $n = 600$ об/хв

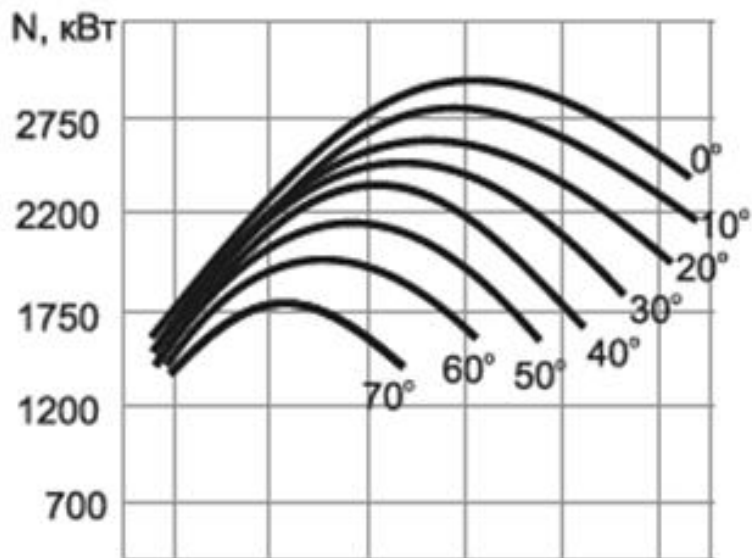
p_{sv} , даПа



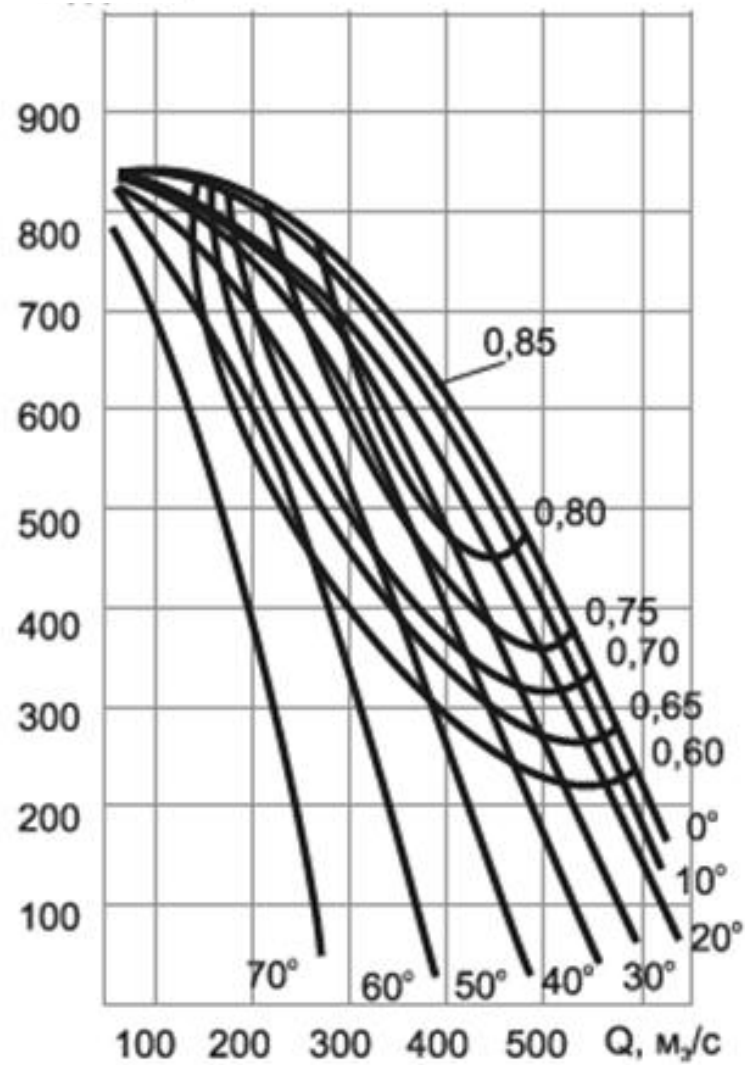
Вентилятор ВЦД-47,5У при $n = 600$ об/хв



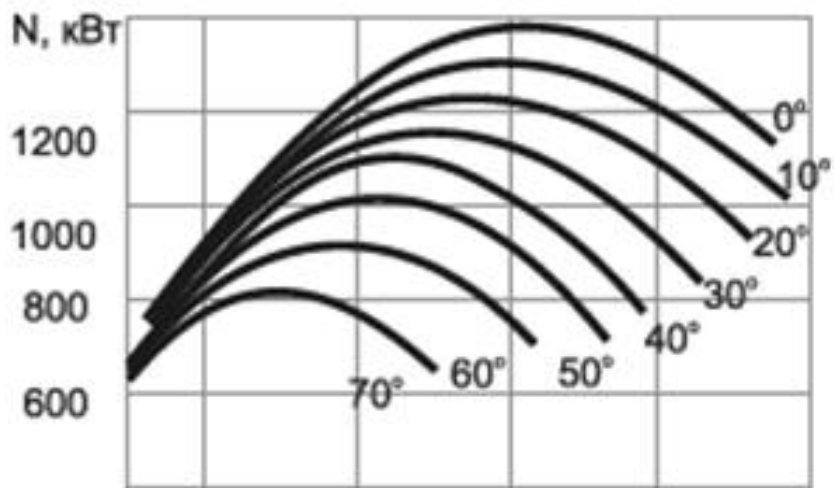
Вентилятор ВЦД-47,5У при $n = 495$ об/хв



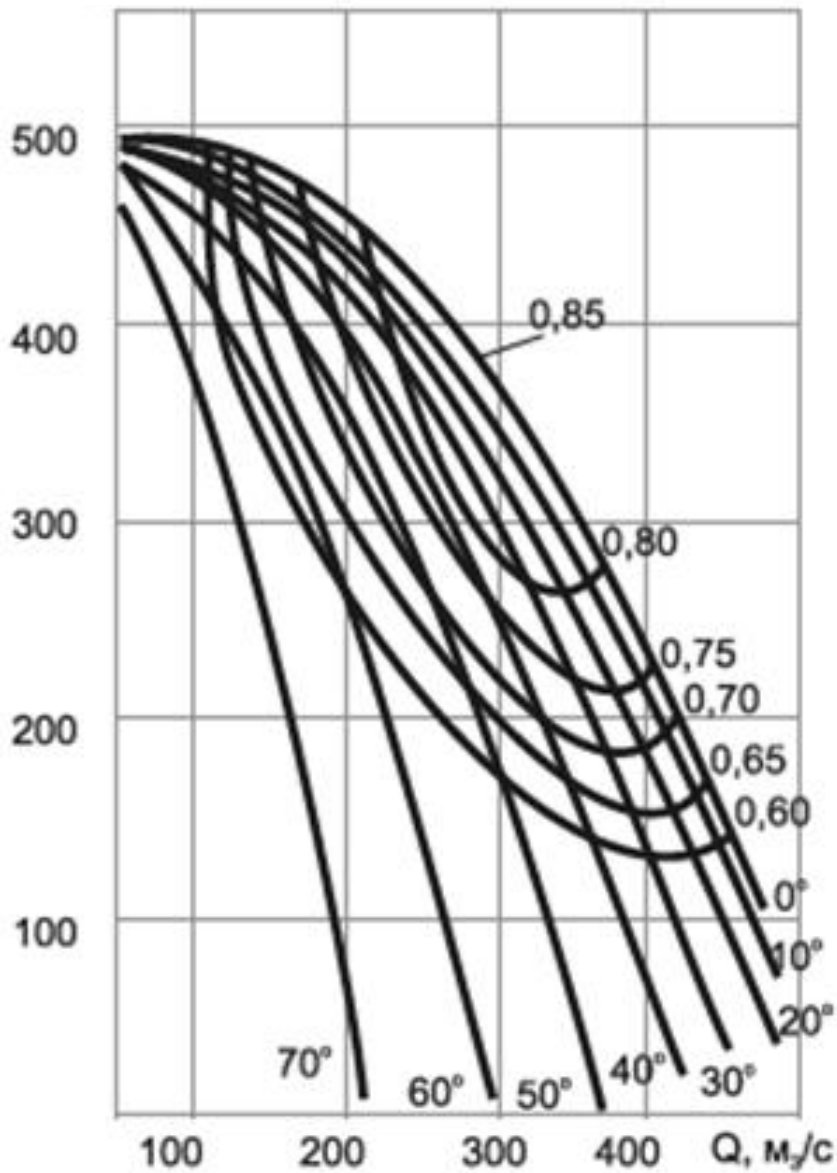
ρ_{sv} , даПа



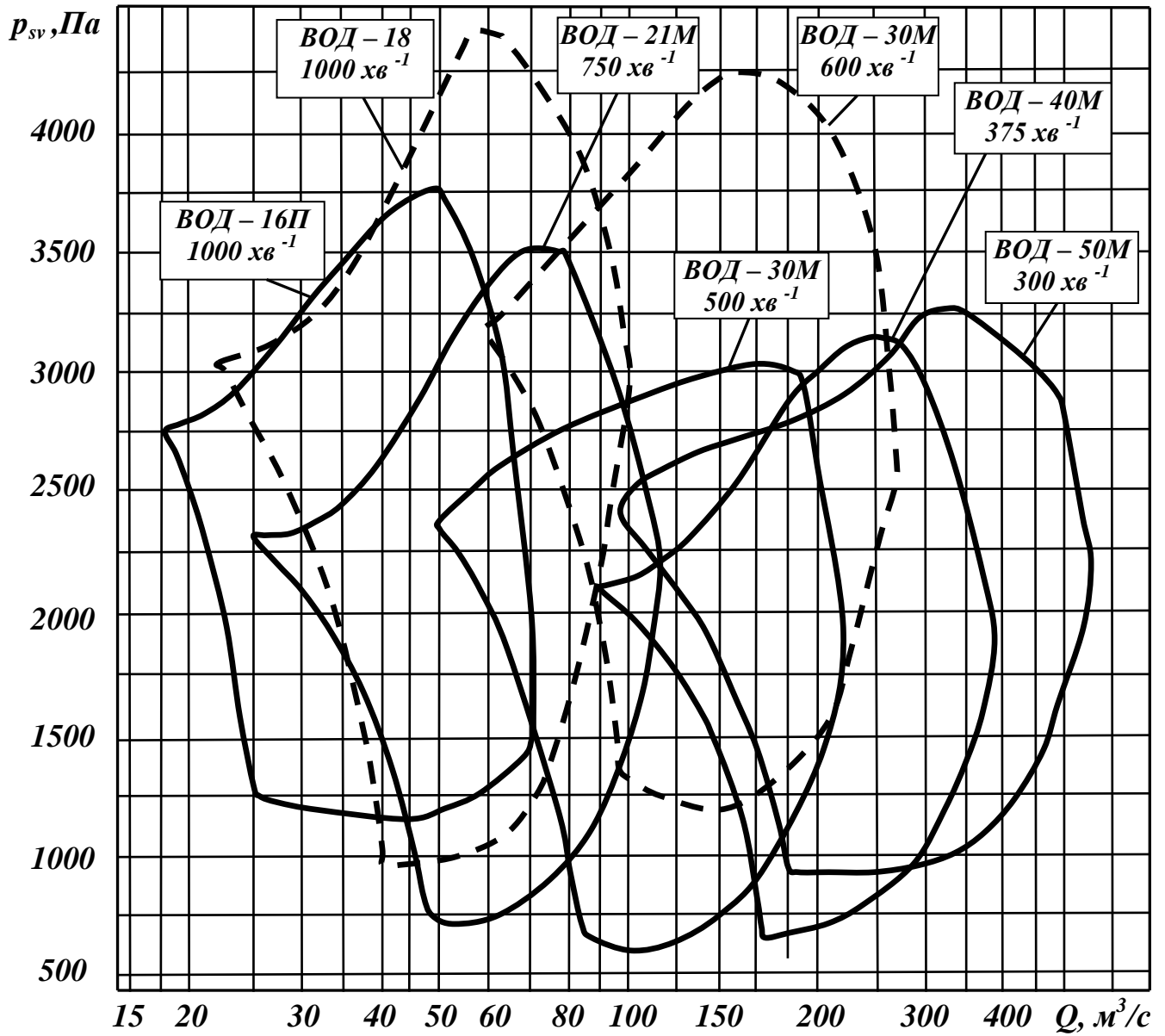
Вентилятор ВЦД-47,5У при $n = 375$ об/хв



ρ_{sv} , даПа



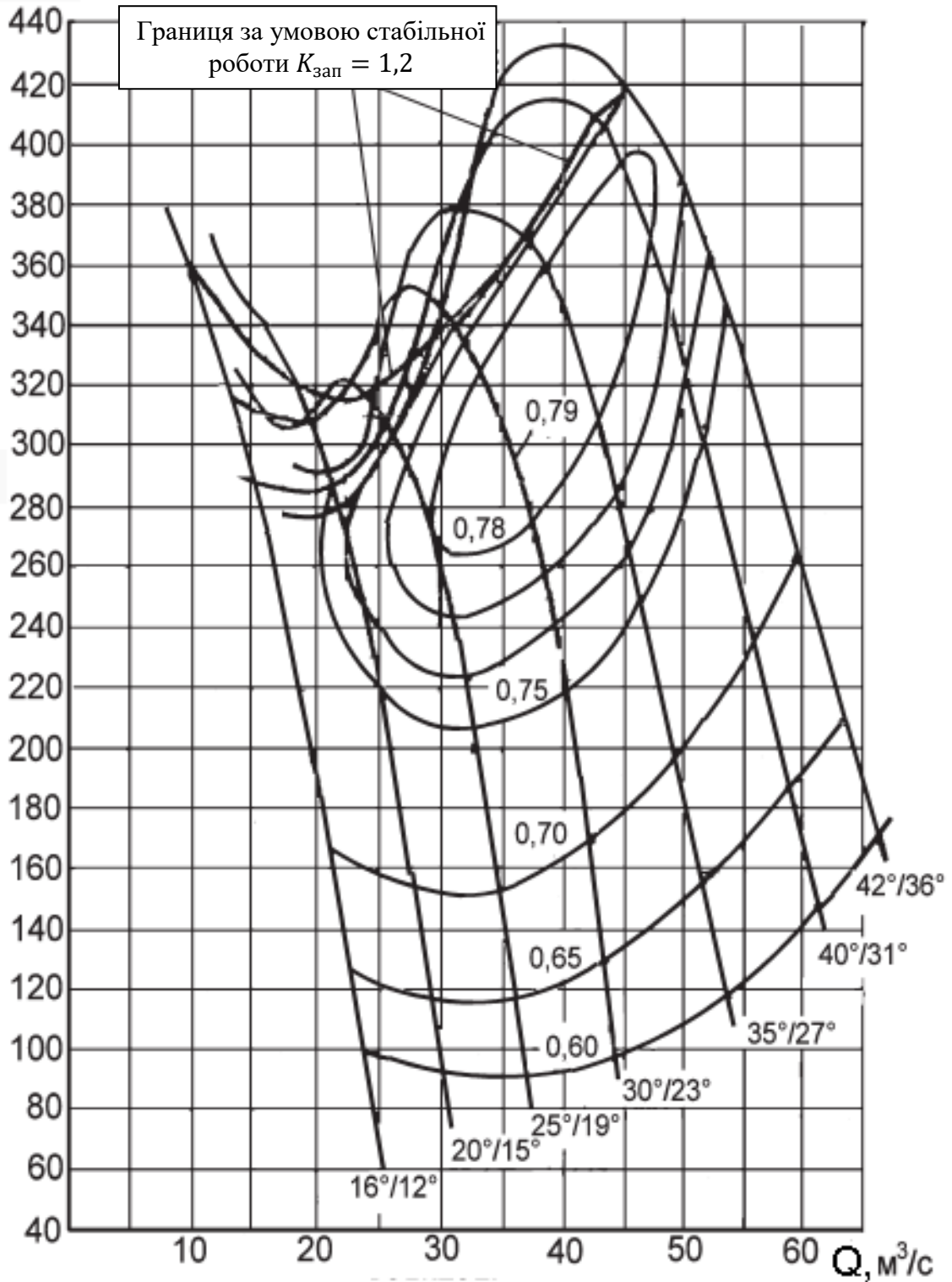
Зведений графік областей промислового використання шахтних осьових вентиляторів головного провітрювання, що регулюються зміною кутів установки лопатей робочого колеса θ_K



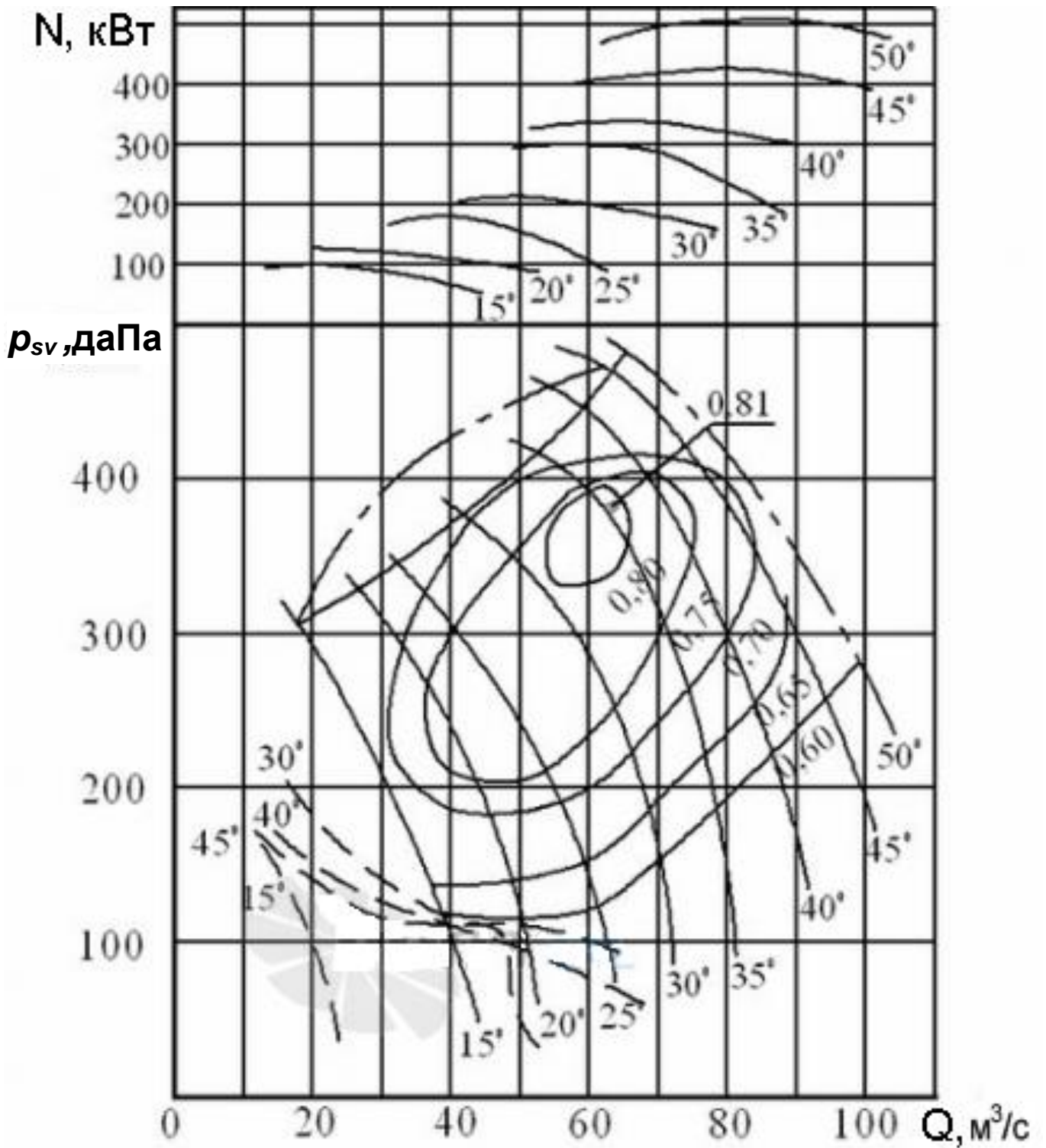
Індивідуальні аеродинамічні характеристики осьових вентиляторів

Вентилятор ВОД-16 П при $n=1000$ об/хв.

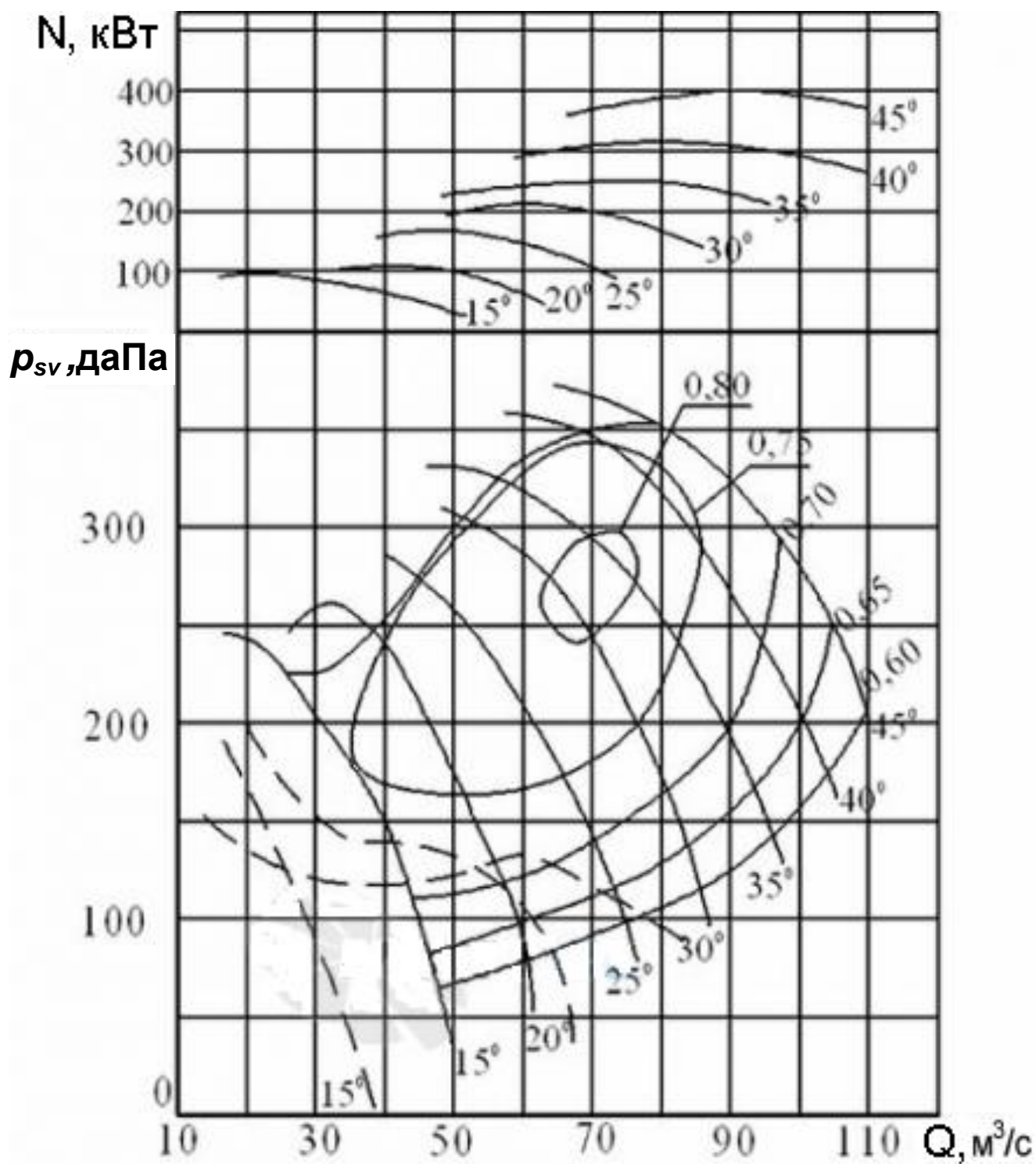
p_{sv} , даПа



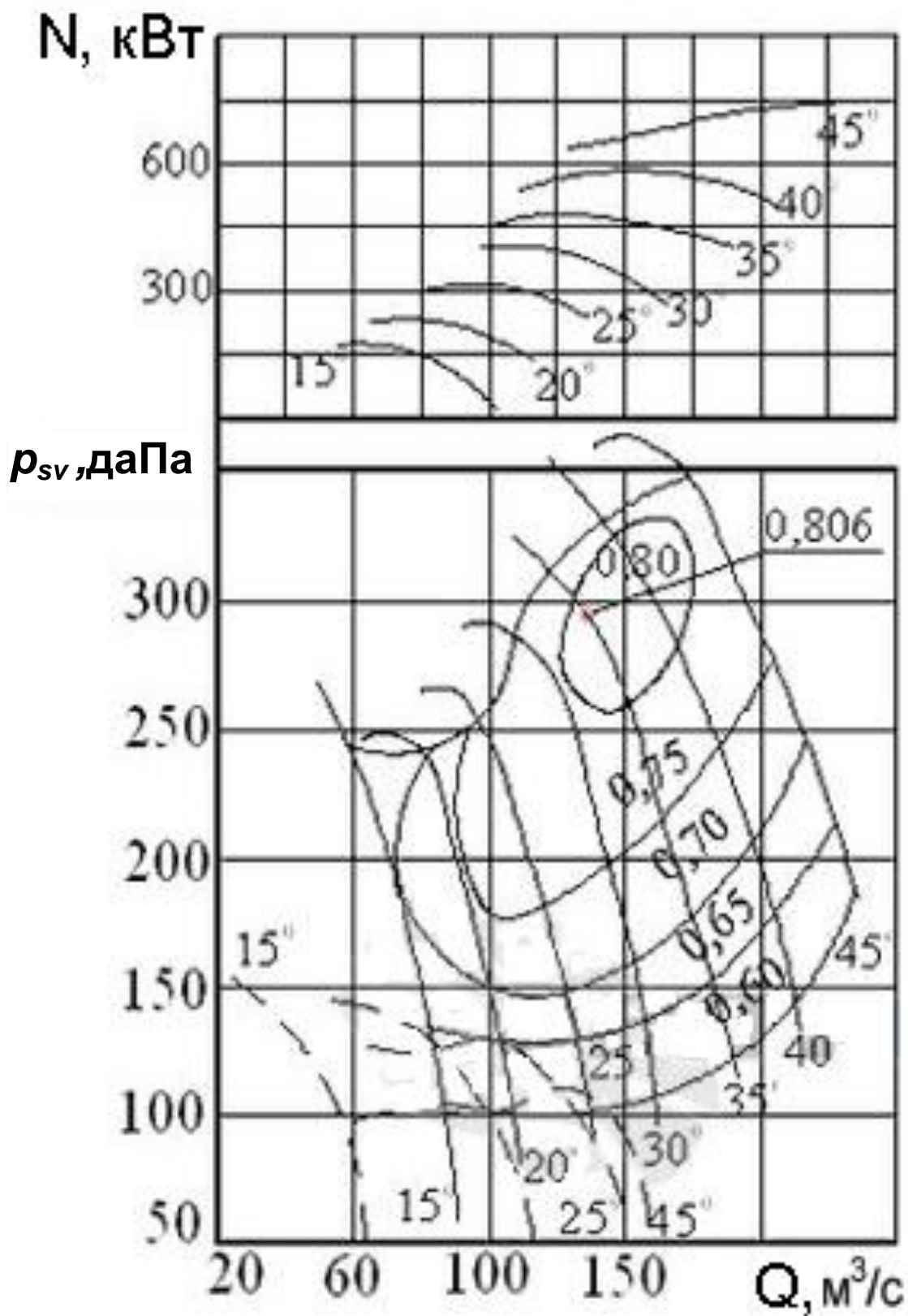
Вентилятор ВОД-18 при $n=1000$ об/хв



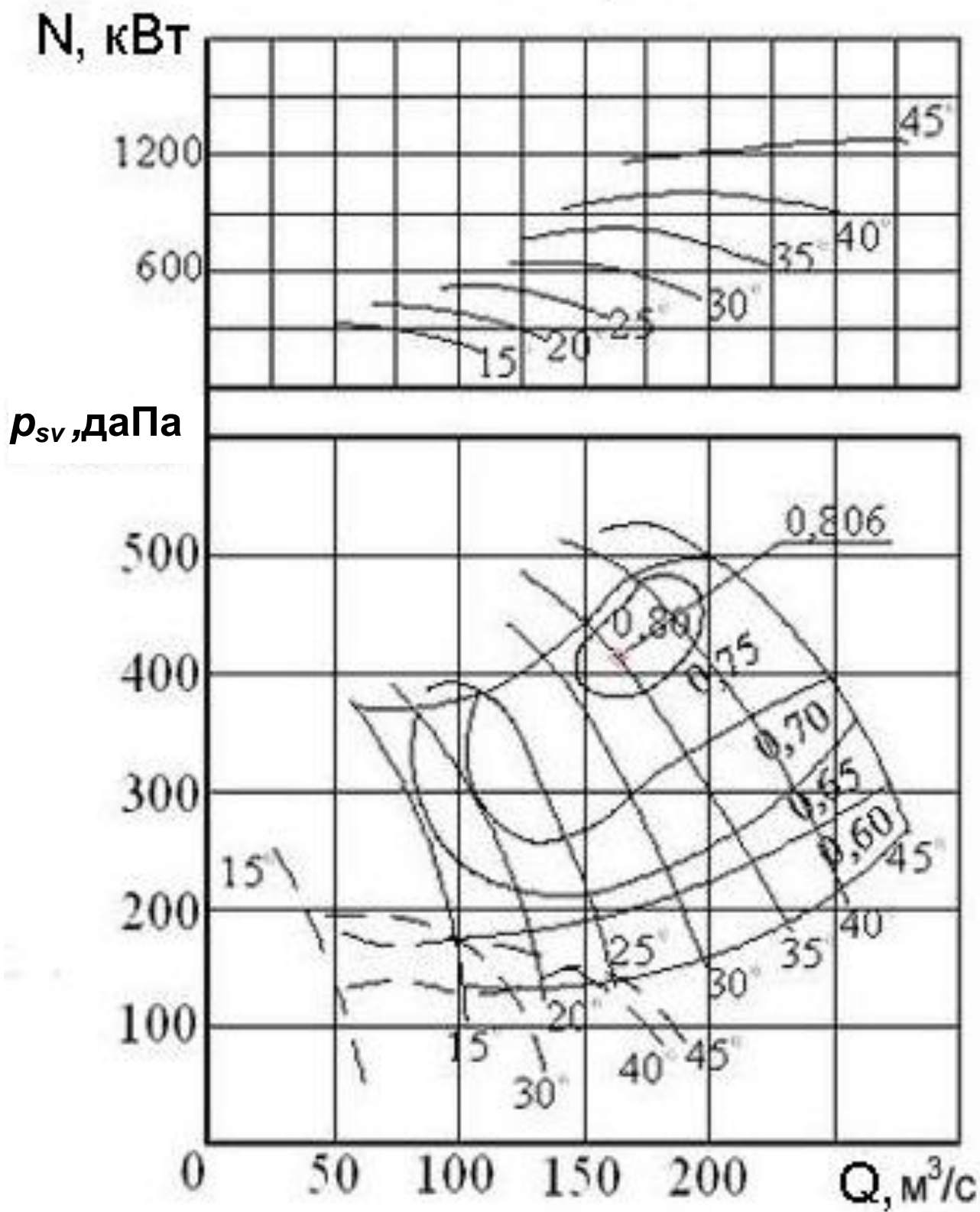
Вентилятор ВОД-21М при $n=750$ об/хв



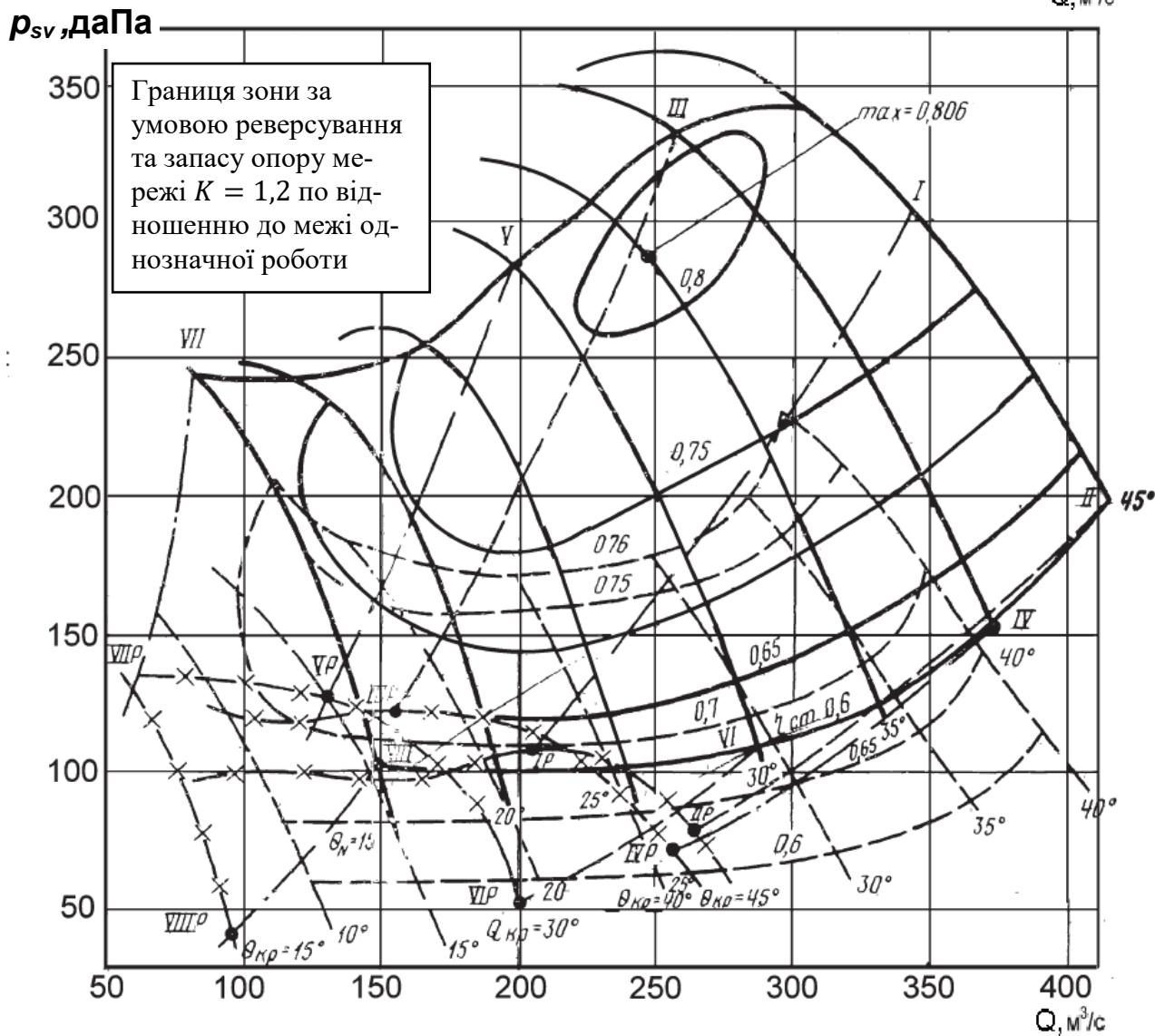
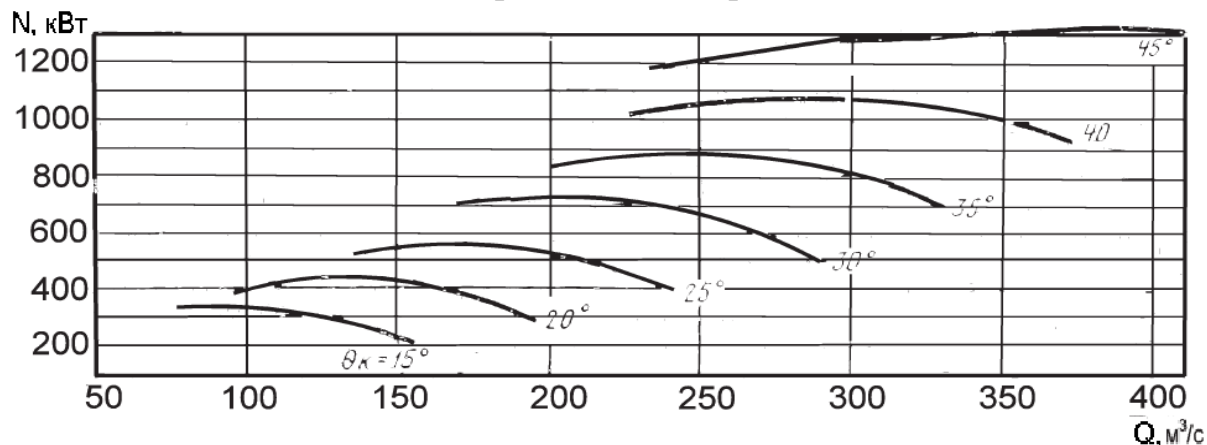
Вентилятор ВОД-30М при $n=500$ об/хв



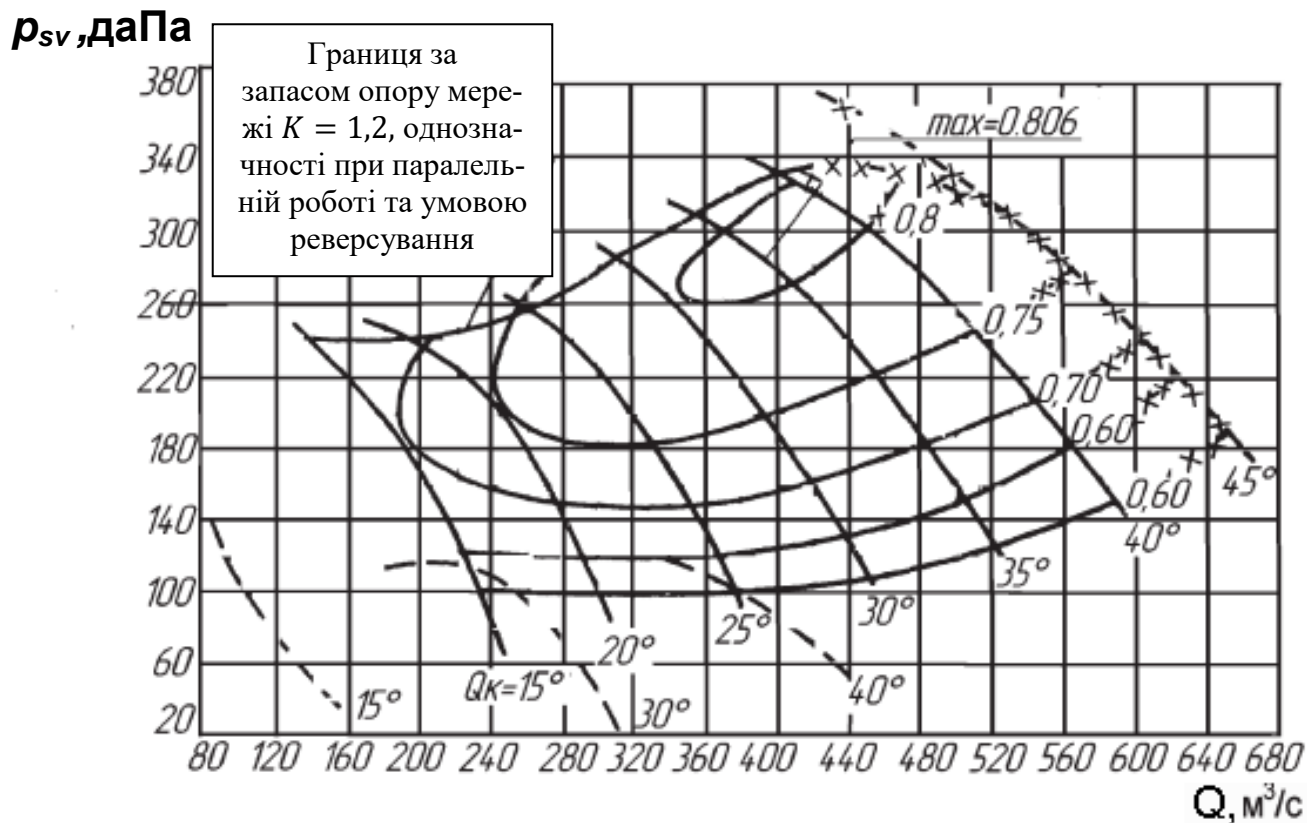
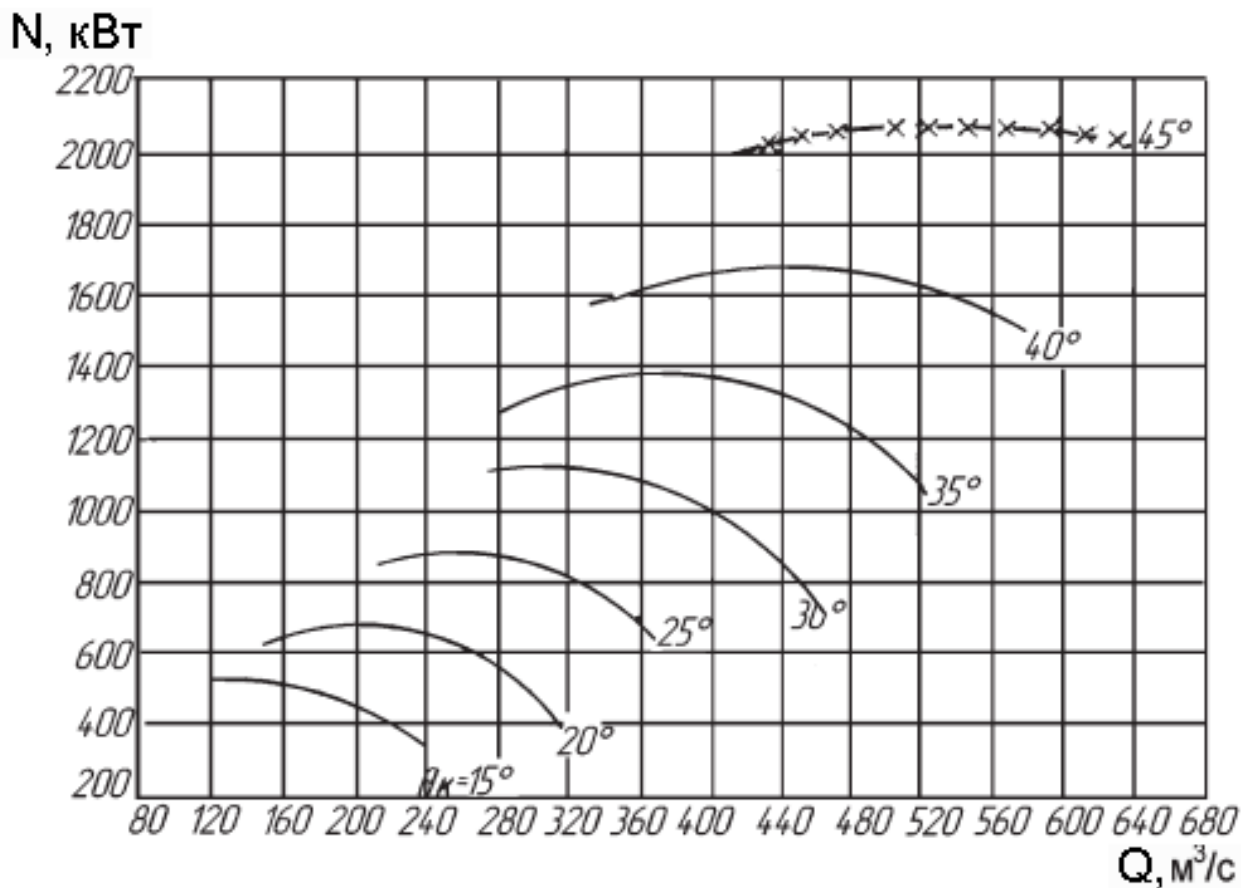
Вентилятор ВОД-30М при $n=600$ об/хв



Вентилятор ВОД-40М при $n=375$ об/хв



Вентилятор ВОД-50М при $n=300$ об/хв



**Технічні дані асинхронних електродвигунів з
короткозамкненим ротором серії АОЗ напругою 380 В**

Тип електродвигуна	Номинальна потужність, кВт	При номінальному навантаженні		
		Частота обертання, об/хв	ККД, %	cos φ
A03-315S-6	110	985	93	0,90
A03-315M-6	132	985	93,5	0,90
A03-315S-8	90	735	92,5	0,85
A03-315M-8	110	735	92	0,85
A03-315 S-10	55	590	92	0,79
A03-315M-10	75	590	92	0,8
A03-355S-6	160	985	93,5	0,90
A03-355M-6	200	985	94	0,90
A03-355S-8	132	735	93,5	0,85
A03-355M-8	160	735	93,5	0,86
A03-355 S-10	90	590	92,5	0,83
A03-355M-10	110	590	93	0,83

**Технічні дані синхронних електродвигунів серій СДН-2 і СДНЗ-2
напругою 6 кВ, частотою 50 Гц**

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	ККД, %
1	2	3	4
16-31-6	800	1000	95,3
16-36-6	1000	1000	95,5
16-49-6	1250	1000	95,9
16-59-6	1600	1000	96,2
16-74-6	2000	1000	96,6
16-31-8	630	750	94,3
16-36-8	800	750	94,9
16-46-8	1000	750	95,4
16-59-8	1250	750	95,7
17-21-8	2000	750	96,2
16-36-10	630	600	94,4
16-44-10	800	600	94,9
16-56-10	1000	600	95,1
17-44-10	1250	600	95,5

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
17-51-10	1600	600	95,9
17-64-10	2000	600	96,1
16-36-12	500	500	93,7
16-44-12	630	500	94,2
17-31-12	800	500	94,3
17-39-12	1000	500	94,9
17-49-12	1250	500	95,3
17-19-16	315	375	91,1
17-21-16	400	375	91,4
17-26-16	500	375	92,5
17-31-16	630	375	93,3
17-41-16	800	375	94,1
19-39-16	1600	375	95,3
17-26-20	315	300	91
17-31-20	400	300	91,7
17-41-20	500	300	92,8

Додаток 8

**Технічні дані асинхронних електродвигунів серії АК4
з фазним ротором напругою 6 кВ**

Номінальна потужність, кВт	При номінальному навантаженні		
	Швидкість обертання, об/хв	ККД, %	$\cos\varphi$
110	985	93	0,90
132	985	93,5	0,90
160	985	93,5	0,90
200	985	94	0,90
315	985	92,9	0,85
400	985	93,2	0,86
500	985	93,5	0,87
630	985	93,2	0,86
800	985	93,2	0,86
90	735	92,5	0,85
110	735	92	0,85
132	735	93,5	0,85
160	735	93,5	0,86
55	585	92	0,79
75	585	92	0,8
90	585	92,5	0,83
110	585	93	0,83

Вихідні дані до розрахункових завдань

Варіант	Витрата повітря по шахті $Q_{ш}$, $м^3/с$	Місце встановлення вентилятора	Депресія шахти, Па	
			мінімальна $p_{ш \text{ мін}}$	максимальна $p_{ш \text{ макс}}$
1	2	3	4	5
01	100	Скіповий ствол	2500	3500
02	200	Скіповий ствол	5000	5500
03	300	Скіповий ствол	4500	5000
04	20	Вентиляційна свердловина, що не використовується для підняття матеріалів	5500	6000
05	40	Шурф, що використовуються для підняття матеріалів	3500	4000
06	60	Вентиляційний ствол	3400	4200
07	80	Скіповий ствол	3000	4000
08	150	Скіповий ствол	3600	4300
09	40	Шурф, що використовуються для підняття матеріалів	1500	2000
10	70	Шурф, що не використовуються для підняття матеріалів	1700	2200
11	100	Вентиляційний ствол	1200	2000
12	160	Скіповий ствол	2000	2500
13	90	Скіповий ствол	1700	2200
14	60	Шурф, що використовуються для підняття матеріалів	4000	4500

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
15	180	Скіповий ствол	2500	3500
16	230	Скіповий ствол	1200	2000
17	280	Скіповий ствол	1000	1800
18	220	Скіповий ствол	2000	2500
19	130	Скіповий ствол	1000	1600
20	75	Вентиляційний ствол	3700	4500
21	45	Шурф, що використовуються для підняття матеріалів	4000	4200
22	125	Вентиляційний ствол	2500	3500
23	180	Скіповий ствол	1500	2000
24	230	Скіповий ствол	1300	2100
25	200	Скіповий ствол	1000	160

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила безпеки у вугільних шахтах / Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10>.

2. Холоменюк М.В. Насосні та вентиляторні установки: навчальний посібник / М.В. Холоменюк. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 330 с.

3. Вентиляція гірничих підприємств: навчальний посібник / В.І. Голінько, Я.Я. Лебедев, О.А. Муха, О.В. Столбченко; М-во освіти і науки України; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д.: НТУ «ДП», 2022. – 261 с.

Укладачі
Холоменюк Михайло Васильович
Комісаров Юрій Олексійович

ВОДОВІДЛИВНІ ТА ВЕНТИЛЯТОРНІ УСТАНОВКИ
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до розрахунку головної вентиляторної установки шахти
бакалаврами спеціальності 184 Гірництво
освітньої програми
«Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

Електронний ресурс

Підготовлено й видано у
Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.