

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра аерології та охорони праці**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ
РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ «АЕРОЛОГІЯ ГІРНИЧИХ ПІДРИЄМСТВ».**

для студентів гірничих спеціальностей усіх форм навчання

Дніпропетровськ
НГУ
2009

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра аерології та охорони праці**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ
РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ «АЕРОЛОГІЯ ГІРНИЧИХ ПІДРИЄМСТВ».**

для студентів гірничих спеціальностей усіх форм навчання

Дніпропетровськ
НГУ
2009

Методичні рекомендації та завдання до контрольної роботи з дисципліни: «Аерологія гірничих підприємств» (для студентів гірничих спеціальностей усіх форм навчання)

/ Упоряд.: М.Ф.Кременчуцький, М.В.Шибка, А.А.Литвиненко, В.Г.Марченко – Д.: НГУ, 2009. – с.

Упорядники:

М.Ф. Кременчуцький, д-р техн. наук, професор, (підрозділи 3,5; 3,6),
М.В. Шибка, канд. техн. наук, доцент (розділ 1, підрозділи 2,1; 2,2; 2,3),
А.А. Литвиненко, канд. техн. наук, доцент (підрозділи 2,4; 2,5; 3,1; 3,2; 3,4),
В.Г. Марченко, асистент каф АОП (підрозділи 2,3: 3,7)

Рекомендовано до видання науково-методичною радою університету
(протокол № від р.)

Подано методичні рекомендації та завдання до контрольної (практичної) роботи з дисципліни „ Аерологія гірничих підприємств”. Наведені робоча програма дисципліни, перелік питань до підсумкового контролю, вихідні данні для варіантів контрольної роботи та методичні вказівки щодо її виконання. Призначенні для студентів гірничих спеціальностей усіх форм навчання.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри аерології та охорони праці д-р техн. наук, проф. В.І. Голінько.

1. Загальні положення

Ці методичні рекомендації призначені для студентів на пряму підготовки 0903 «Гірництво» при здобутті ними освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за навчальними планами, в яких передбачено вивчення дисципліни «Аерологія гірничих підприємств». Вони орієнтовані головним чином на спеціалізації, пов'язані з підземною розробкою родовищ корисних копалин.

У методичних рекомендаціях наведена робоча програма дисципліни з визначенням її складових частин, змістових модулів для лекцій, лабораторних занять та самостійного опрацювання, приблизний перелік питань для підсумкового контролю, а також завдання до контрольної роботи і вказівки щодо її виконання.

Робоча програма складена з урахуванням того, що при підготовці наступного освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста студенти вивчають вибірково дисципліну вищого навчального закладу «Вентиляція шахт і рудників», яка базується на знаннях дисципліни «Аерологія гірничих підприємств», є її продовженням з метою формування у майбутніх фахівців необхідних знань і умінь для забезпечення функціонування шахтних вентиляційних систем та запобігання техногенним аваріям і катастрофам.

Навчання з дисципліни проводиться після вивчення студентами базових дисциплін («Вища математика», «Фізика», «Хімія» тощо) та основних професійно-орієнтованих дисциплін.

З дисципліни «Аерологія гірничих підприємств» студенти прослуховують настановні та оглядові лекції, одержують індивідуальні та групові консультації, виконують лабораторні роботи та опрацьовують індивідуальні завдання до контрольної роботи. Основна форма навчальної роботи - самостійне вивчення змістових модулів дисципліни за рекомендованою літературою та нормативно-правовими актами у послідовності, наведеній в робочій програмі, а набуття практичних навичок з питань аерогазового контролю студентами заочно-дистанційної освіти здійснюється в процесі роботи на гірничому підприємстві.

При вивченні дисципліни рекомендується вести конспект для систематизації і закріплення знань. Форма підсумкового контролю – екзамен, до якого студент допускається після виконання контрольної роботи і захисту лабораторного модуля.

2. Робоча програма дисципліни.

2.1 Мета та завдання.

Мета дисципліни – набуття майбутніми фахівцями з вищою освітою необхідних в їхній професійній діяльності знань і умінь з питань закономірностей формування шахтної (рудникової) атмосфери, аеромеханіки вентиляційних мереж та збудників руху повітря в гірничих виробках.

За результатами вивчення дисципліни студент повинен знати:

- фізичні характеристики повітря;
- склад атмосферного повітря, властивості компонентів та причини його забруднення в шахтах;
- шкідливі та отруйні домішки шахтного повітря, їх властивості дія на організм людини, джерела надходження чи утворення, гігієнічні нормативи та контроль;
- причини отруєнь та заходи боротьби зі шкідливими газами, порядок надання невідкладної допомоги при отруєнні шахтними газами;
- властивості вибухонебезпечних газів (метан, водень тощо), неприпустимі концентрації, причини та наслідки вибуху метану, дії працівників при загазуваннях;
- форми зв'язку метану з вугіллям та гірськими породами, метаноненість пластів вугілля і порід, джерела надходження метану в гірничі виробки, види виділення метану, види скупчень метану та загазувань гірничих виробок, метановість шахт, категорії шахт за метаном, заходи та засоби щодо запобігання загазуванням, спалахам метану та газодинамічним явищам;
- теоретичні основи шахтної аеромеханіки, основні закони аеростатики та аеродинаміки;
- закони опору руху повітря, види аеродинамічних опорів в гірничих виробках, їх розрахунок та способи зменшення;
- види з'єднань гірничих виробок, методи розрахунку послідовних, паралельних та комбінованих з'єднань;
- аеродинамічні характеристики шахтної вентиляційної мережі;
- джерела тяги повітря в шахтах: природна тяга, вентиляційні установки, їх аеродинамічні характеристики, режими роботи вентиляторів на шахтну вентиляційну мережу.

Після вивчення дисципліни та виконання лабораторних робіт студент повинен уміти:

- користуватися засобами контролю складу і фізичних параметрів шахтної атмосфери : вміст газів, швидкість руху повітря, тиск, депресія;
- визначати аеродинамічні параметри тертя та місцевих опорів гірничих виробок;
- складати схеми вентиляційних з'єднань;
- визначати режими роботи збудників тяги на шахтну вентиляційну мережу.

2.2 Змістові модулі дисципліни.

1. Вступ. Програма дисципліни, її значення для фахової підготовки, література та нормативно-правові акти. Значення вентиляції для забезпечення належних та безпечних умов праці. Історичні аспекти розвитку наукових досліджень з питань аерології шахт і рудників.

Частина I. Шахтна атмосфера.

2. Фізичні характеристики повітря:

Тиск, парціальний тиск, температура, вологість, щільність, питома вага, в'язкість, теплоємність, їх визначення, одиниці виміру та значення для стандартних параметрів.

3. Шахтне повітря.

Поняття про об'ємну, масову та гранично-допустиму концентрацію (далі - ГДК). Склад атмосферного повітря та причини зміни його фізичних та хімічних характеристик в шахтах.

Абсолютна та відносна газовість шахт. Постійні складові шахтного повітря: кисень, діоксид вуглецю, азот, їх властивості, дія на організм, причини зміни їх вмісту в гірничих виробках, ГДК і небезпечні їх концентрації в шахтах, способи та засоби контролю.

Отруйні та інші домішки шахтного повітря: оксид вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид, сірководень, водень, родон тощо, їх властивості, дія на організм людини, джерела надходження та причини утворення, ГДК і небезпечні концентрації, способи і засоби контролю їх вмісту.

Причини отруєнь та заходи щодо їх запобігання.

4. Метан.

Властивості метану, причини та наслідки вибухів, неприпустимі концентрації, дії працівників при загадуванні гірничих виробок.

Походження метану, форми зв'язку метану з вугіллям та гірськими породами, метаноносність вугільних пластів і порід, джерела надходження метану в гірничі виробки.

Види виділення метану: звичайне, суфлярне, раптове та фактори, що впливають на газодинамічні процеси в шахтах.

Метановість шахт. Категорії шахт за метаном.

Комплекс заходів та засобів щодо запобігання загадуванням, спалахам та газодинамічним явищам, пов'язаними з метаном.

Частина 2. Шахтна аеромеханіка.

5. Основні закони аеромеханіки.

Закони тиску за Паскалем. Основні закони аеростатики, розрахунок тиску з глибиною, закон Архімеда. Режими руху повітря в гірничих виробках, типи повітряних потоків, збереження маси, рівняння нерозривності руху повітря в гірничих виробках, масового та об'ємного витрат повітря чи газу.

Основне рівняння руху повітря в гірничих виробках для ідеального та реального газу (рівняння Д.Бернуллі) та його застосування для вирішення практичних задач.

Способи і засоби вимірювання тиску, депресії та швидкості руху повітряних потоків.

6. Аеродинамічний опір гірничих виробок.

Закони опору руху повітря, види опору в гірничих виробках.

Аеродинамічний опір тертя в гірничих виробках, розрахунок витрат тис-

ку на його подолання та способи зниження. Вимір аеродинамічного опору, коефіцієнта опору тертя в міжнародній системі СІ та позасистемних одиницях.

Місцевий та лобовий опір, їх визначення, розрахунок та способи зменшення.

Аеродинамічна характеристика виробки, шахти, повітропроводу та порядок її побудови. Еквівалентний отвір шахти та його розрахунок.

7. Шахтні вентиляційні мережі.

Визначення понять: мережа, вентиляційний план, схема вентиляції, схема вентиляційних з'єднань виробок, вузол, вітка, цикл, напрям.

Види сполучень гірничих виробок в шахтній мережі, закони мереж. Розрахунок послідовних та паралельних з'єднань. Особливості руху повітря в діагональному з'єднанні виробок та пов'язані з ним небезпеки порушення стійкості провітрювання.

Графічний метод розрахунку паралельного з'єднання. Принципи розрахунку вентиляційних мереж на ПЕОМ.

8. Збудники тяги повітря в шахтах.

Природна тяга та фактори, які її обумовлюють. Характер сезонних змін природної тяги в шахтах, визначення її депресії виміром та розрахунковими методами. Аеродинамічна характеристика природної тяги.

Вентиляційні установки: типи вентиляторів, їх аеродинамічні характеристики, способи регулювання подачі та тиску вентилятора. Визначення режиму роботи вентилятора в шахтній вентиляційній мережі чи в системі вентиляції тупикової виробки. Вплив природної тяги, зовнішніх втрат повітря на роботу вентилятора.

Послідовна та паралельна робота вентиляторів на шахтну вентиляційну мережу (трубопроводи).

2.3 Приблизний перелік лабораторних модулів.

1. Контроль кисню та шкідливих газів експрес-аналізаторами.
2. Контроль метану та діоксиду вуглецю шахтними інтерферометрами.
3. Вивчення переносних, напівстаціонарних приладів контролю вмісту метану та світильників, суміщених з метаноаналізаторами.
4. Контроль вмісту метану стаціонарною автоматичною апаратурою.
5. Вимірювання швидкості руху повітря в гірничих виробках анемометрами.
6. Вивчення приладів та методів вимірювання тиску повітряних потоків.
7. Дослідження аеродинамічного опору тертя та місцевого опору на фізичній моделі гірничої виробки.
8. Складання схеми вентиляційних з'єднань шахтної мережі гірничих виробок.
9. Депресійна зйомка шахт : задачі, методика проведення та експеримен-

тальне дослідження депресіограми на аеродинамічній моделі.

10. Експериментальне визначення аеродинамічної характеристики вентилятора та режиму його роботи на повітропроводі.

2.4 Перелік питань до підсумкового контролю.

Тут наведено приблизний перелік питань до змістових модулів, за підрозділом 2.2, що вивчаються на лекціях та при самостійному опрацюванні дисципліни. Що стосується лабораторних модулів, то питання до них визначаються методичними вказівками до виконання лабораторних занять.

В залежності від запропонованої форми підсумкового контролю знань та умінь: (комплексні кваліфікаційні завдання, екзаменаційні білети, тести тощо) ступінь наповнення питань навчальними елементами визначається викладачем чи освітньо-професійною програмою дисципліни вищого навчального закладу.

1. Фізичні характеристики повітря.
2. Поняття про об'ємну, масову та гранично – допустиму концентрацію.
3. Склад атмосферного повітря і причини зміни його хімічного складу та фізичних властивостей в гірничих виробках.
4. Абсолютна та відносна газівість шахт.
5. Властивості кисню, диоксиду вуглецю, азоту і причини зміни їх вмісту в атмосфері гірничих виробок.
6. Отруйні домішки шахтного повітря: оксид вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид, сірководень.
7. Нормування і контроль складу шахтної атмосфери.
8. Причини отруєнь шкідливими газами та заходи щодо їх запобігання.
9. Властивості метану.
10. Походження і форми зв'язку метану з вугіллям та гірськими породами.
11. Метаноносність вугільних пластів і порід.
12. Джерела надходження метану в гірничі виробки. Газовий баланс шахт.
13. Звичайне виділення метану і фактори, які впливають на його зміни.
14. Суфлярні виділення метану і боротьба з ними.
15. Раптові викиди вугілля, газу і порід та їх запобігання.
16. Метановість шахт, категорії шахт за метаном.
17. Норми вмісту метану в атмосфері гірничих виробок та в трубопроводах.
18. Види скупчень метану, загазувань гірничих виробок, способи та засоби їх запобігання.
19. Боротьба з метаном засобами вентиляції та дегазації.
20. Рівняння рівноваги повітря. Барометричні формули для розрахунку тиску повітря.
21. Закони Паскаля і Архімеда.

22. Статичний і динамічний тиск, поняття про депресію. Вимірювання тиску в потоці.
23. Режим руху повітря в гірничих виробках, критерій Рейнольдса. Види повітряних потоків.
24. Закон збереження маси. Рівняння нерозривності руху повітря, масового та об'ємного його витрати.
25. Закон збереження енергії. Застосування рівняння Бернуллі до руху повітря в гірничих виробках.
26. Моделювання вентиляційних потоків. Головні критерії подібності.
27. Закони опору.
28. Аеродинамічний опір тертя.
29. Місцевий опір.
30. Лобовий опір.
31. Визначення коефіцієнтів опору тертя і місцевого опору.
32. Одиниці аеродинамічного опору.
33. Аеродинамічна характеристика шахти, порядок її побудови.
34. Розрахунок еквівалентного отвору шахти.
35. Визначення основних елементів та видів з'єднань виробок.
36. Закони мереж.
37. Розрахунок послідовного з'єднання виробок.
38. Розрахунок паралельного з'єднання виробок.
39. Діагональне з'єднання виробок.
40. Принципи розрахунку вентиляційних мереж на ЕОМ.
41. Природна тяга повітря в шахтах. Фактори, які впливають на її величину.
42. Вимірювання та розрахунок депресії природної тяги.
43. Аеродинамічна характеристика природної тяги.
44. Типи вентиляційних установок, види характеристик, способи регулювання подачі і тиску вентилятора.
45. Визначення режиму роботи одиночного вентилятора на шахтну мережу (трубопровід).
46. Вплив природної тяги та зовнішніх втрат повітря на роботу вентилятора.
46. Послідовна робота вентиляторів.
47. Паралельна робота вентиляторів.

Основна література та нормативно-правові акти

1. Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведєв І.І. Аэрология горных предприятий: Учебник для вузов. - 3-е изд. - М.: Недра, 1987.-421 с.
2. Рудничная вентиляция: Справочник / Под ред. К.З. Ушакова. - М.: Недра, 1988. - 440 с.
3. Клебанов Ф.С. Воздух в шахте. - М.,1995. - 575 с.
4. Правила безпеки у вугільних шахтах. НПАОП 10.0 - 1.01 - 05. - К.: Держнаглядодохоронпраці України, 2005. -400 с.

5. Збірник інструкцій до Правил безпеки у вугільних шахтах. Керівний нормативний документ: -Т. 1. - К.: Мінпаливенерго, 2003. - 480 с. (Укр. та рос. частини); - Т. 2. - К.: Мінпаливенерго, 2003. -416 с.

6. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. - К.: Основа, 1994. - 311 с.

7. Схемы и способы управления газовыделением на выемочных участках угольных шахт. Государственный нормативный акт по охране труда. - К., 2006. - 78 с.

8. Дегазація вугільних шахт. Вимоги до способів та схем дегазації. СОУ 10.1.00174088.001 — 2004. - К.: Минтопэнерго Украины, 2004. - 162 с. (укр. та рос. частини).

9. Руководство по дегазации угольных шахт. - М.: 1990. - 186 с.

10. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания: Справочник. – М.: Недра, 1982. - 296 с.

11. Руководство по оказанию первой медицинской помощи при авариях в шахтах. - Донецк, 1989. - 90с.

3. Завдання до контрольної роботи та методичні вказівки стосовно її виконання

3.1. Зміст контрольної роботи

Контрольна робота присвячена розрахунку комбінованого з'єднання, для якого потрібно визначити :

- аеродинамічний опір виробок (віток), які входять в з'єднання;
- загальний опір з'єднання;
- природний розподіл повітря в з'єднанні;
- депресію окремих виробок і загальну депресію з'єднання в цілому;
- швидкість руху повітря в гірничих виробках.

В контрольній роботі при розрахунках окрім числового результату треба обов'язково записати формули в буквених позначках.

Студентам заочно – дистанційної форми освіти варіант контрольної роботи надається за останньою цифрою залікової книжки, якщо інше не передбачено викладачем дисципліни.

3.2. Визначення основних понять

В цій роботі терміни та поняття вживаються у таких значеннях:

1) Вентиляційна мережа – мережа з'єднаних між собою гірничих виробок, по яким рухається повітря.

2) Вузол мережі – місце з'єднання двох і більше виробок.

3) Вітка – виробка, яка з'єднує два суміжних вузла мережі.

4) Послідовне з'єднання виробок – з'єднання, в якому кінець попередньої виробки з'єднується з початком наступної.

5) Паралельне з'єднання - з'єднання, в якому дві і більше виробок мають один спільний вузол роз'єднання повітряного струменю і другий спільний

вузол зливання струменів.

6) Діагональне з'єднання – з'єднання, в якому дві виробки мають спільні вузлові точки початку і кінця і проміжний зв'язок додатковими виробками – діагоналями.

7) Комбіноване з'єднання – з'єднання, яке включає в себе різноманітні комбінації із послідовних, паралельних, а також діагональних з'єднань.

В контрольній роботі запропоновані розрахунки комбінованих з'єднань, які не містять діагоналей.

8) Напрям - послідовне з'єднання виробок (віток), що не повторюються, від входу повітря в з'єднання до виходу з нього.

3.2. Вихідні дані.

Вихідні дані для 10 варіантів контрольної роботи і приклада її виконання включають:

1) номери варіантів розрахункових схем і загальні витрати повітря Q з'єднань (табл. 1):

2) схеми комбінованих з'єднань виробок (рис.1), на яких вузли позначені буквами, а вітки (виробки) – порядковими номерами; останні приймаються в якості індексів для всіх параметрів, які входять в розрахункові формули;

3) параметри виробок(табл. 2), що належать до розрахункових схем з'єднань наступними умовними позначеннями:

а) тип кріплення (ТК):

ДР – для виробок, які закріплені неповними рамами із круглого дерева;

СВП – для виробок, які закріплені металевим кріпленням із спеціального профілю СВП-27;

б) характеристики кріплення виробок:

l_a – відстань між арками, м;

d – діаметр стійок дерев'яного кріплення, м (чисельник);

Δ – поздовжній калібр дерев'яного кріплення (знаменник);

в) параметри виробки:

S – площа поперечного перерізу, m^2 ;

P – периметр, м;

L – довжина, м;

Таблиця 1

Розрахункові схеми і загальні витрати повітря з'єднань

Вихідні дані	Варіанти										Приклад
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Розрахункова схема за рис. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Загальні витрати повітря, м ³ /с	200	110	120	130	140	150	160	170	180	190	100

Примітка. При виконанні практичного заняття чи наданні студентам індивідуальних завдань рекомендується для запропонованих в таблиці 1 розрахункових схем змінювати загальні витрати повітря з'єднань гірничих виробок.

3.4. Розрахунок аеродинамічних опорів виробок

Аеродинамічний опір гірничої виробки R ($H \cdot c^2 / m^8$) визначається за формулою

$$R = \alpha \frac{PL}{S^3}, \quad (1)$$

де α - коефіцієнт аеродинамічного опору гірничої виробки, $H \cdot c^2 / m^4$; приймається згідно з табл. 3 та 4.

P – периметр виробки, м;

S – площа поперечного перерізу виробки, m^2 ;

L – довжина виробки, м.

Вихідні дані і результати розрахунку аеродинамічного опору R рекомендується наводити за формою табл.5. На цьому етапі використовую тільки графі 1-10. Інші графі заповнюються при визначенні депресії виробок.

В табл. 5 наведено приклад розрахунку аеродинамічних опорів, які належать до схеми з'єднання 11 (рис.1)

Таблиця 2 Параметри виробок, які належать до розрахункових схем з'єднань.

Номер виробки	Параметри	Варіанти										Приклад
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Т.К l_a d/Δ S P L	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,22/3	--
		12,6	12,7	12,2	12,2	16,4	13,6	16,4	16,4	16,4	9,5	16,4
		13,5	14,1	13,5	13,5	15,6	14,5	15,6	15,0	15,6	13,4	15,6
		1200	1300	1500	1500	900	500	2000	500	200	550	800
2	Т.К l_a d/Δ S P L	СВП 0,5	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	ДР --
		--	--	--	--	--	0,22/3	--	--	0,22/3	--	0,19/3
		12,2	11,5	13,8	13,8	12,2	9,5	13,8	13,8	9,5	12,7	5,9
		13,5	13,0	14,5	14,5	13,6	13,4	14,5	14,5	13,4	13,5	9,8
		500	300	200	200	500	800	1500	1600	500	1200	500
3	Т.К l_a d/Δ S P L	СВП 0,5	СВП 0,5	ДР --	ДР --	СВП 1,0	СВП 0,5	СВП 1,0	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0
		--	--	0,22/2	0,22/2	--	--	--	--	0,22/3	--	--
		12,2	11,5	9,2	9,2	6,0	12,7	12,6	12,6	9,5	6,0	16,4
		13,5	13,0	12,7	12,7	9,3	14,1	13,5	13,5	13,4	9,3	15,6
		800	500	400	400	1000	800	300	200	500	600	700
4	Т.К l_a d/Δ S P L	Др. --	СВП 0,5	ДР --	ДР --	ДР --	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	ДР --	ДР 1,0
		0,20/5	--	0,22/2	0,22/2	0,22/2	0,22/3	--	--	--	0,22/3	0,18/2
		6,2	11,5	9,2	9,2	6,2	9,5	11,5	12,6	12,6	9,5	5,9
		10,2	13,0	13,7	12,7	10,2	13,4	13,0	13,5	13,5	13,4	9,8
		500	200	450	450	700	700	1200	200	200	550	500
5	Т.К l_a d/Δ S P L	СВП 0,5	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0
		--	0,22/3	--	--	--	0,22/3	--	0,22/3	--	--	--
		6,0	8,4	11,6	12,7	13,7	9,5	13,7	8,4	11,2	16,4	13,7
		9,3	12,1	13,0	14,1	14,5	13,4	14,5	12,1	13,0	15,6	14,5
		300	700	500	600	450	750	300	600	300	200	500
6	Т.К l_a d/Δ S P L	ДР 0,20/5	ДР 0,18/2	СВП 1,0	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0
		--	--	--	--	0,20/3	0,20/3	--	--	--	--	--
		6,2	5,2	12,6	12,6	6,2	11,5	6,2	11,5	12,2	6,0	6,0
		10,2	9,2	13,5	13,5	10,2	13,0	10,2	13,0	13,5	9,3	9,3
		500	600	600	1400	800	1200	600	250	200	1000	600
7	Т.К l_a d/Δ S P L	СВП 0,5	ДР --	ДР --	ДР --	СВП 1,0	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 1,0
		--	0,22/3	0,22/3	0,22/3	--	0,20/2	--	--	--	--	--
		12,2	8,4	8,4	8,4	12,2	6,2	6,0	7,4	12,2	16,4	6,0
		13,5	12,1	12,1	12,1	13,5	10,2	9,3	10,2	13,5	15,6	9,3
		1000	800	300	300	800	500	200	550	1000	250	600
8	Т.К l_a d/Δ S P	ДР 0,18/2	ДР 0,22/5	ДР --	СВП 0,5	ДР --	СВП 0,5	ДР --	ДР --	СВП 1,0	СВП 1,0	СВП 0,22/2
		--	--	--	0,22/4	--	0,20/3	0,22/4	--	--	--	--
		8,4	5,2	10,2	6,7	8,4	7,4	6,2	8,4	12,7	12,6	13,7
		12,1	9,2	13,3	9,9	12,1	10,2	10,2	12,1	14,1	13,5	14,5
		800	800	500	600	700	300	550	650	200	300	500

1	L	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	Т.К l_a d/Δ S P L	ДР -- 0,22/2 8,4 12,1 800	СВП 0,5 -- 9,8 12,1 600	ДР -- 0,22/3 8,4 12,1 500	ДР -- 0,22/3 8,4 12,1 500	ДР -- 0,20/4 8,4 12,1 800	ДР -- 0,20/2 6,2 10,2 450	СВП 1,0 -- -- 13,7 14,5 1200	ДР 0,22/4 8,4 12,1 700	ДР 0,22/3 8,4 12,1 500	ДР 0,20/4 8,4 12,1 600	СВП 1,0 -- 13,7 14,5 800
10	Т.К l_a d/Δ S P L	СВП 1,0 -- 12,6 13,5 1000	СВП 1,0 -- 9,8 12,1 700	СВП 1,0 -- 11,5 13,0 350	СВП 1,0 -- 6,0 9,3 700	СВП 1,0 -- 13,8 14,5 550	ДР -- 0,20/2 6,2 10,2 500	СВП 1,0 -- 12,6 13,5 300	СВП 0,5 -- 7,4 10,2 300	ДР -- 0,22/3 8,4 12,1 500	СВП 1,0 -- 12,2 13,5 360	ДР -- 0,18/2 5,9 9,8 800
11	Т.К l_a d/Δ S P L	-- -- -- -- --	СВП 0,5 -- 5,9 9,3 500	СВП 1,0 -- 13,1 14,1 600	СВП 0,5 -- 6,7 9,9 800	СВП 0,5 -- 6,7 9,9 1000	СВП 0,5 -- 7,4 10,2 400	Др.. -- 0,22/4 9,5 13,4 800	СВП 1,0 -- 11,6 13,0 150	СВП 1,0 -- 12,7 14,1 250	СВП 0,5 -- 7,4 10,2 550	СВП 1,0 -- 13,7 14,5 300
12	Т.К l_a d/Δ S P L	-- -- -- -- --	СВП 1,0 -- 6,0 9,3 450	СВП 1,0 -- 12,7 14,1 500	СВП 1,0 -- 13,8 14,5 900	СВП 1,0 -- 13,7 14,5 500	-- -- -- -- --	СВП 0,5 -- 9,8 12,1 250	СВП 1,0 -- 11,6 13,0 200	СВП 1,0 -- 12,2 13,5 400	Др. -- 0,20/4 8,4 12,1 700	СВП 1,0 -- 13,7 14,5 500
13	Т.К l_a d/Δ S P L	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	СВП 0,5 -- 11,5 13,0 500	СВП 0,5 -- 9,8 12,1 650	СВП 1,0 -- 13,8 14,5 500	-- -- -- -- --	ДР -- 0,22/4 9,5 13,4 700	СВП 1,0 -- 11,6 13,0 750	СВП 1,0 -- 9,8 12,1 600	СВП 0,5 -- 9,8 12,1 800	ДР -- 0,18/2 5,9 9,8 100
14	Т.К l_a d/Δ S P L	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	СВП 1,0 -- 8,8 11,5 900	-- -- -- -- 400	ДР -- 0,20/3 6,3 10,3 --	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	ДР -- 0,22/4 8,4 12,1 700	СВП 1,0 -- 16,4 15,6 250	СВП 1,0 -- 12,7 14,1 800	ДР -- 0,18/2 5,9 9,8 800
15	Т.К l_a d/Δ S P L	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	СВП 1,0 -- 13,1 14,1 700	-- -- -- -- 300	СВП 1,0 -- 13,8 14,5 --	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	СВП 0,5 -- 11,2 13,0 500	СВП 0,5 -- 9,8 12,1 650	-- -- -- -- --	ДР -- 0,18/2 5,9 9,8 1000
16	Т.К l_a d/Δ S P L	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	ДР -- 0,22/4 8,4 12,1 800	-- -- -- -- 500	ДР -- 0,20/3 6,3 10,3 --	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	-- -- -- -- --	СВП 1,0 -- 12,6 13,5 500	-- -- -- -- --	СВП 1,0 -- 16,4 15,6 2000

Примітка. Для виробок, які закріплені неповними рамами із круглого дерева, діаметр стійок d м і поздовжній калібр кріплення Δ наведені в одному рядку

відповідно чисельник і знаменник.

Таблиця. 3

Коефіцієнти аеродинамічного опору виробок, які закріплені неповними рамами із круглого дерева

Переріз виробки, м ²	Діаметр стійок кріплення, м	Значення $\alpha \cdot 10^3, Н \cdot с^2/м^4$ при поздовжньому калібрі кріплення Δ , що дорівнює				
		2	3	4	5	6
4,6-6,3	0,16-0,18	16	19	19	19	18
7,0-7,6	0,20-0,22	17	20	20	19	19
8,4-10,1	0,22	18	20	20	20	19
10,8	0,22	18	19	20	20	19
11,8	0,22	19	19	20	20	19

Таблиця . 4

Коефіцієнти аеродинамічного опору виробок, які закріплені арками із спецпрофілю СВП-27

Переріз виробки, м ²	Значення $\alpha \cdot 10^3, Н \cdot с^2/м^4$ при відстані між арками $l_a, м$	
	0,5	1,0
6,0	17	16
6,7	17	15
6,8-11,4	16	15
12,1-15,1	15	14
16,0-16,6	14	13

Разрахункові схеми з'єднань (варіант 1-10)

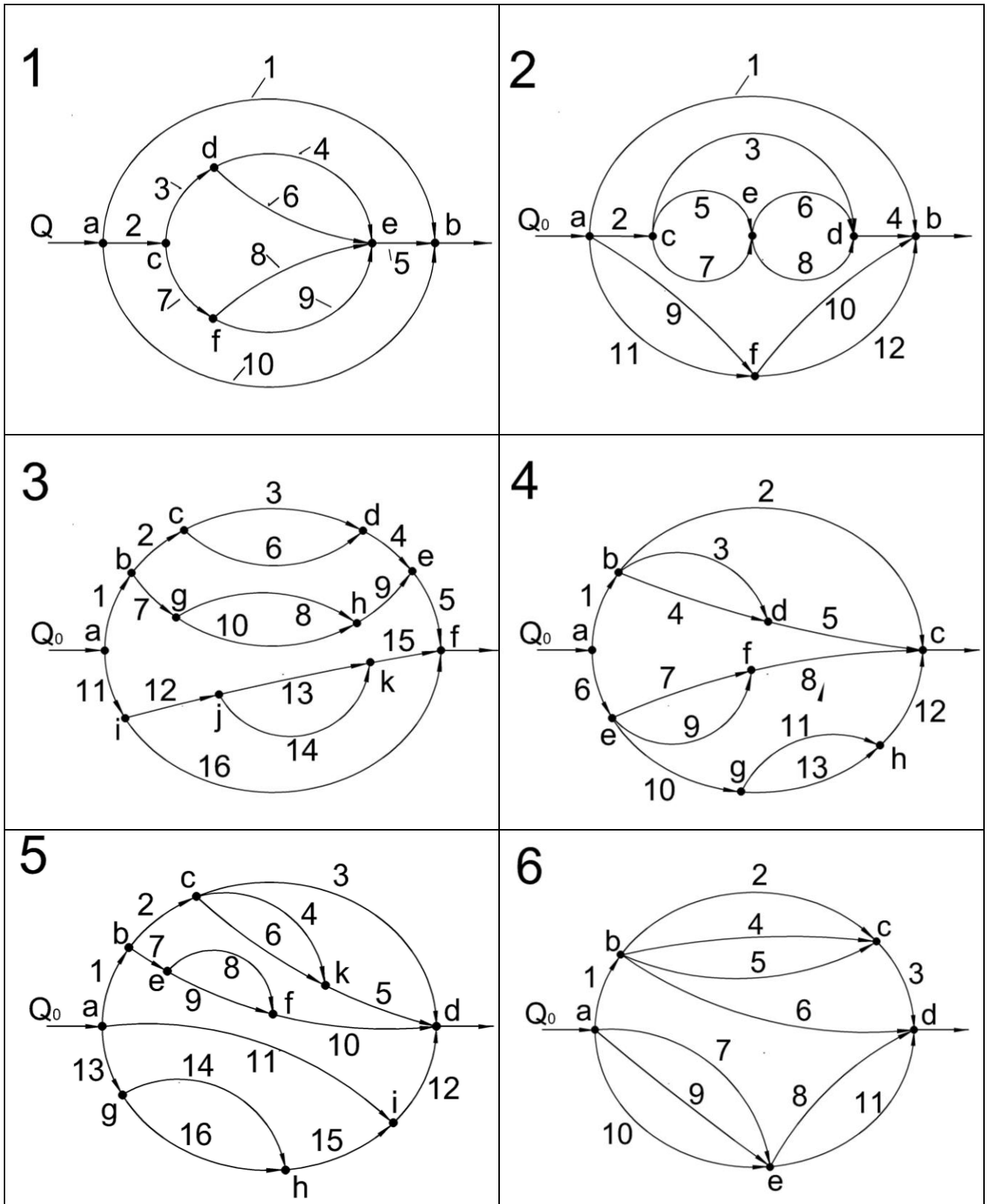
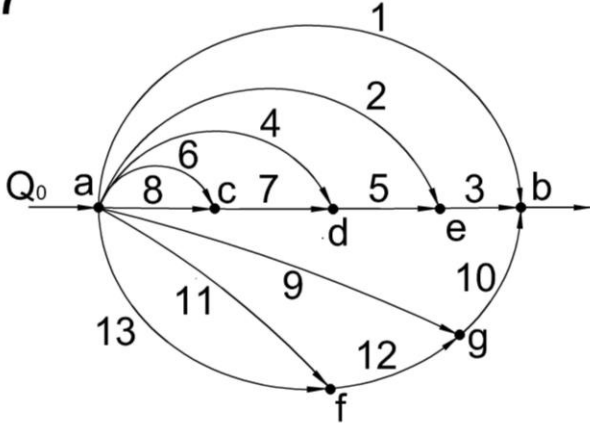
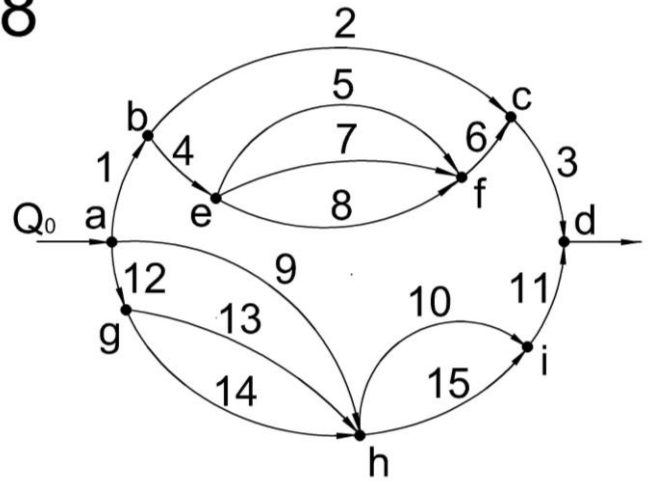


Рис.1. Схеми комбінованих з'єднань виробок (варіанти 1-6):
а,в,с,...,м–вузли мережі; 1,2,3,...,п–вітки мережі.

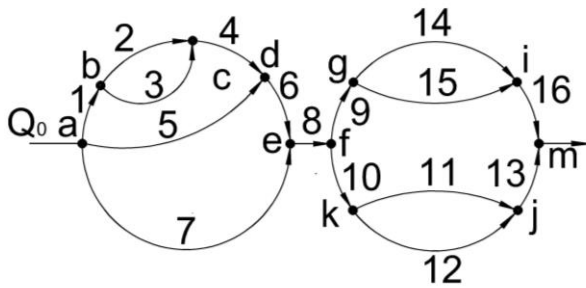
7



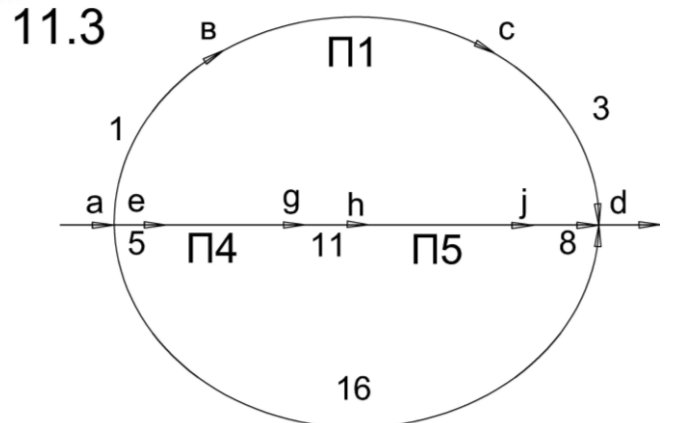
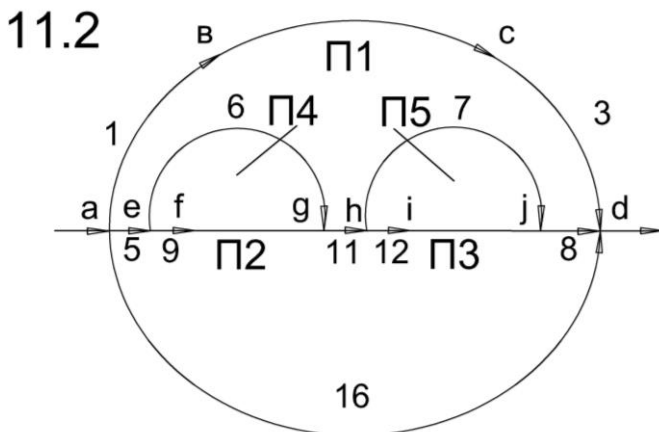
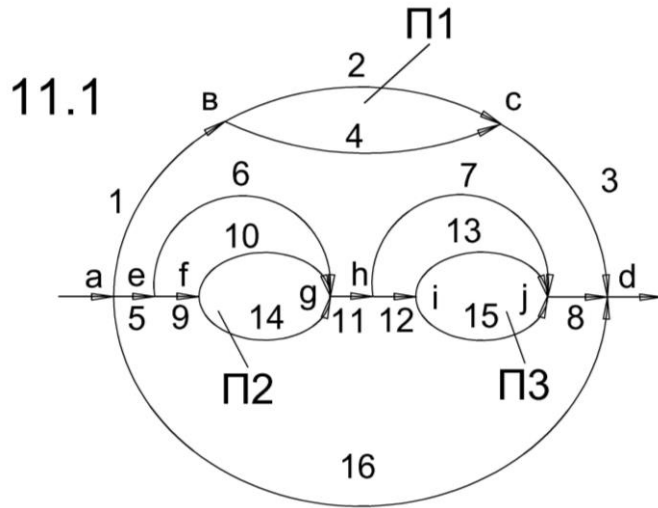
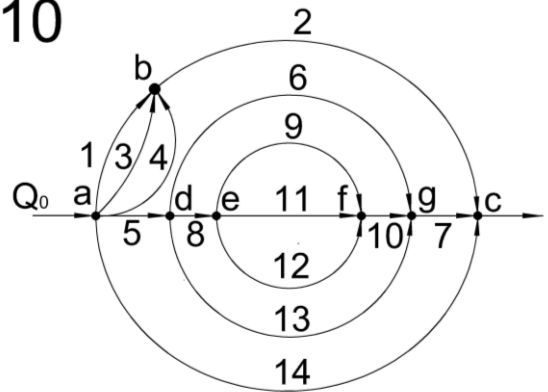
8



9



10



Розрахунок аеродинамічного опору і депресій виробок

Продовження рис.1.(Варіанти 7–10 і приклад 11) Номер виробки на схемі	Тип кріплення	Характеристика кріплення			$\alpha, \frac{H \cdot c^2}{m^2}$	S, m^2	P, m	L, m	$R, \frac{H \cdot c^2}{m^8}$	$Q, \frac{m^3}{c}$	h, Pa	$V, \frac{m}{c}$
		l_a, m	d, m	Δ								
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	14	15
1	СВП	1,0	--	--	0,013	16,4	15,6	800	0,037	31,8	37	1,9
2	ДР	--	0,18	2	0,016	5,9	9,8	500	0,382	15,9	97	2,7
3	СВП	1,0			0,013	16,4	15,6	700	0,032	31,8	32	1,9
4	ДР	--	0,18	2	0,016	5,9	9,8	500	0,382	15,9	97	2,7
5	СВП	1,0			0,014	13,7	14,5	500	0,039	25,7	26	1,9
6	СВП	1,0			0,016	6,0	9,3	600	0,413	11,0	50	1,8
7	СВП	1,0			0,016	6,0	9,3	600	0,413	10,8	48	1,8
8	СВП	1,0			0,014	13,7	14,5	500	0,039	25,7	26	1,9
9	СВП	1,0			0,014	13,7	14,5	800	0,063	14,7	14	1,1
10	ДР	--	0,18	2	0,016	5,9	9,8	800	0,612	7,7	36	1,3
11	СВП	1,0			0,014	13,7	14,5	300	0,024	25,7	16	1,9
12	СВП	1,0			0,014	13,7	14,5	500	0,039	14,9	9	1,1
13	ДР	--	0,18	2	0,016	5,9	9,8	1000	0,765	7,2	40	1,2
14	ДР	--	0,18	2	0,016	5,9	9,8	1000	0,765	7,0	37	1,2
15	ДР	--	0,18	2	0,016	5,9	9,8	900	0,686	7,7	41	1,3
16	СВП	1,0			0,013	16,4	15,6	2000	0,092	42,5	166	1,6

3.5. Розрахунок загального аеродинамічного опору комбінованого з'єднання.

При розрахунку використовується метод послідовного спрощення з'єднань. Як приклад на схемах 11.2 та 11.3 показана послідовність спрощення з'єднання 11.1 (рис. 1).

При спрощенні послідовні і прості паралельні з'єднання замінюються виробками (вітками) з еквівалентним.

В загальному випадку аеродинамічний опір паралельного з'єднання R_n , яке містить n виробок, розраховується по формулі.

$$R_{II} = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{R_i}}\right)^2}, H \cdot c^2 / m^8 \quad (2)$$

де R_1, R_2, \dots, R_n – аеродинамічний опір виробок, які належать до паралельного з'єднання, $H \cdot c^2 / m^8$.

Для паралельного з'єднання, яке має дві виробки, розрахунок ведуть за формулою

$$R_{II} = \frac{R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}\right)^2}. \quad (3)$$

При трьох вітках

$$R_{II} = \frac{R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_1}{R_3}}\right)^2}. \quad (4)$$

Аеродинамічний опір послідовного з'єднання із n виробок визначається за формулою

$$R_{noc} = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (5)$$

де R_i – аеродинамічний опір i -тої виробки послідовного з'єднання, $H \cdot c^2 / m^8$.

Нижче наведений приклад розрахунку загального аеродинамічного опору для з'єднання 11.1 (рис. 1.)

Визначимо спочатку опір паралельних з'єднань П1, П2, П3 схеми 11.1:

$$R_{П1} = \frac{R_2}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_4}}\right)^2} = \frac{0.382}{\left(1 + \sqrt{\frac{0.382}{0.382}}\right)^2} = 0.095H \cdot c^2 / m^8;$$

$$R_{П2} = \frac{R_{10}}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_{10}}{R_{14}}}\right)^2} = \frac{0.612}{\left(1 + \sqrt{\frac{0.612}{0.765}}\right)^2} = 0.171H \cdot c^2 / m^8;$$

$$R_{П3} = \frac{R_{13}}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_{13}}{R_{15}}}\right)^2} = \frac{0.765}{\left(1 + \sqrt{\frac{0.765}{0.688}}\right)^2} = 0.181H \cdot c^2 / m^8.$$

Таким чином зроблено перехід від більш складного комбінованого з'єднання 11.1 до менш складного 11.2 (рис. 1).

Визначим опір паралельних з'єднань П4 та П5, що належать до схеми 11.2 (рис. 4.1):

$$R_{II4} = \frac{R_6}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_6}{R_9 + R_{II2}}}\right)^2} = \frac{0.413}{\left(1 + \sqrt{\frac{0.413}{0.039 + 0,171}}\right)^2} = 0.076H \cdot c^2 / m^8;$$

$$R_{II5} = \frac{R_7}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_7}{R_{12} + R_{II3}}}\right)^2} = \frac{0.413}{\left(1 + \sqrt{\frac{0.413}{0.039 + 0,181}}\right)^2} = 0.073H \cdot c^2 / m^8.$$

Потім здійснюється перехід від комбінованого з'єднання 11.2 (рис. 1) до з'єднання, зазначеного на схемі 11.3 (рис. 1).

Визначим аеродинамічний опір з'єднання 11.3, який дорівнює загальному аеродинамічному опору комбінованого з'єднання за схемою 11.1:

$$\begin{aligned} R_o &= \frac{R_1 + R_{II1} + R_3}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1 + R_{II1} + R_3}{R_5 + R_{II4} + R_{11} + R_{II5} + R_8}} + \sqrt{\frac{R_1 + R_{II1} + R_3}{R_{16}}}\right)^2} = \\ &= \frac{0.037 + 0.095 + 0.032}{\left(1 + \sqrt{\frac{0.037 + 0.095 + 0.032}{0.039 + 0.076 + 0.024 + 0.073 + 0.039}} + \sqrt{\frac{0.037 + 0.095 + 0.032}{0.092}}\right)^2} = \\ &= 0.0166H \cdot c^2 / m^8; \end{aligned}$$

3.6. Розрахунок природного розподілу повітря в комбінованому з'єднанні виробок.

При визначенні витрат повітря в вітках комбінованого з'єднання використовуються всі перетворення вихідної схеми з'єднання, які наведені в підрозділі 3.5, але порядок розрахунку приймається оберненим.

В загальному випадку витрати повітря в k -тій вітці Q_k (m^3/c) з'єднання, яке містить n виробок, визначається за формулою

$$Q_k = \frac{Q_{II}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{R_k}{R_i}}}, \quad (6)$$

де Q_{II} – загальні витрати повітря для простого паралельного з'єднання, m^3/c .

Для паралельного з'єднання, яке має дві виробки, витрати повітря в першій виробці будуть

$$Q_1 = \frac{Q_{II}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}}. \quad (7)$$

Тоді, відповідно до закону збереження маси для мережі, витрати повітря в другій виробці можна визначити таким чином

$$Q_2 = Q_{II} - Q_1, \quad (8)$$

При трьох виробках в паралельному з'єднанні витрати повітря в першій виробці (вітці) розраховують за формулою

$$Q_1 = \frac{Q_{II}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_1}{R_3}}}; \quad (9)$$

в другій вітці

$$Q_2 = \frac{Q_{II}}{1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} + \sqrt{\frac{R_2}{R_3}}}, \quad (10)$$

а в третій

$$Q_3 = Q_{II} - Q_1 - Q_2, \quad (11).$$

Як приклад наведемо послідовність обчислення природного розподілу повітря в комбінованому з'єднанні 11.1 (рис. 1).

Спочатку визначаються витрати повітря у паралельних вітках, які належать до з'єднання 11.3

$$\begin{aligned} Q_1 = Q_3 &= \frac{Q}{1 + \sqrt{\frac{R_1 + R_{II1} + R_3}{R_5 + R_{II4} + R_{11} + R_{II5} + R_8}} + \sqrt{\frac{R_1 + R_{II1} + R_3}{R_{16}}}} = \\ &= \frac{100}{1 + \sqrt{\frac{0.037 + 0.095 + 0.032}{0.039 + 0.076 + 0.024 + 0.074 + 0.039}} + \sqrt{\frac{0.037 + 0.095 + 0.032}{0.092}}} = \\ &= 31.8 \text{ м}^3 / \text{с}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_5 = Q_{11} = Q_8 &= \frac{Q}{1 + \sqrt{\frac{R_5 + R_{II1} + R_{I1} + R_{II5} + R_8}{R_1 + R_{II1} + R_3}} + \sqrt{\frac{R_5 + R_{II1} + R_{I1} + R_{II5} + R_8}{R_{18}}}} = \\
&= \frac{100}{1 + \sqrt{\frac{0.037 + 0.095 + 0.032}{0.039 + 0.076 + 0.024 + 0.074 + 0.039}} + \sqrt{\frac{0.037 + 0.095 + 0.032}{0.092}}} = \\
&= 31.8 \text{ м}^3 / \text{с};
\end{aligned}$$

$$Q_{16} = Q - Q_1 - Q_5 = 100 - 31.8 - 25.7 = 42.5 \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (12)$$

де Q – загальні витрати повітря в комбінованому з'єднанні, $\text{м}^3 / \text{с}$; приймається для кожного варіанту згідно з табл. 1.

Потім розраховуються витрати повітря в вітках з'єднання 11.2 (рис.1), які не визначались на першому етапі:

$$\begin{aligned}
Q_6 &= \frac{Q_5}{1 + \sqrt{\frac{R_6}{R_9 + R_{II2}}}} = \frac{25,7}{1 + \sqrt{\frac{0,413}{0,063 + 0,0171}}} = 11,0 \text{ м}^3 / \text{с}; \\
Q_7 &= \frac{Q_{11}}{1 + \sqrt{\frac{R_7}{R_{12} + R_{II3}}}} = \frac{25,7}{1 + \sqrt{\frac{0,413}{0,039 + 0,181}}} = 10,8 \text{ м}^3 / \text{с};
\end{aligned}$$

$$Q_{12} = Q_{11} - Q_7 = 25,7 - 10,8 = 14,9 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (13)$$

На завершення визначаються витрати повітря у вітках з'єднання 11.1 (рис.1), які не розглядалися на першому та другому етапах розрахунків:

$$\begin{aligned}
Q_2 &= \frac{Q_1}{1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_4}}} = \frac{31,8}{1 + \sqrt{\frac{0,382}{0,382}}} = 15,9 \text{ м}^3 / \text{с}; \\
Q_4 &= Q_1 - Q_2 = 31,8 - 15,9 = 15,9 \text{ м}^3 / \text{с}; \\
Q_{10} &= \frac{Q_9}{1 + \sqrt{\frac{R_{10}}{R_{14}}}} = \frac{14,7}{1 + \sqrt{\frac{0,612}{0,765}}} = 7,7 \text{ м}^3 / \text{с}; \\
Q_{14} &= Q_9 - Q_{10} = 14,7 - 7,7 = 7,0 \text{ м}^3 / \text{с};
\end{aligned}$$

$$Q_{13} = \frac{Q_{12}}{1 + \sqrt{\frac{R_{13}}{R_{15}}}} = \frac{14,9}{1 + \sqrt{\frac{0,765}{0,688}}} = 7,2 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$Q_{15} = Q_{12} - Q_{13} = 14,9 - 7,2 = 7,7 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Одержані для кожної гірничої виробки витрати повітря записують в графу 11 табл 5.

3.7. Розрахунки депресії виробок і загальної депресії комбінованого з'єднання

Депресія i -тої виробки h_i , Па визначається за формулою

$$h_i = R_i \cdot Q_i^2, \quad H \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8 \quad (14)$$

де R_i – аеродинамічний опір виробки, $H \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$, розрахований за формулою (1) і зведений в табл. 5 (графа 10);

Q_i – витрати повітря в виробці, $\text{м}^3 / \text{с}$.

Результати розрахунків рекомендується наводити за формою табл. 5 з використанням граф 10-12. В табл. 5 надані результати розрахунків депресій виробок, які належать до з'єднання 11.1 (рис. 1).

При природному розподілу повітря загальну депресію з'єднання можна визначити як суму депресій виробок для будь-якого напрямку з'єднання.

Для з'єднання 11.1 (рис. 1) існує 12 напрямів. Перелік віток, які належать до кожного напрямку, наведено в табл. 6.

Виходячи із однозначення тиску в крайніх вузлових точках з'єднання, депресія всіх напрямів однакова по величині і дорівнює загальній депресії з'єднання.

Загальна депресія комбінованого з'єднання h_0 визначається за формулою:

$$h_0 = \sum_{i=1}^m h_i = h_1 + h_2 + \dots + h_m, \quad (15)$$

де h_i – депресія i -тої виробки напрямку, Па;

m – число виробок, які належать до напрямку.

Для з'єднання 11.1 (рис. 1.) депресія напрямку 1-2-3 буде

$$h_0 = h_1 + h_2 + h_3 = 37 + 97 + 32 = 166 \text{ Па.}$$

Таблиця 4.6

Напрями розрахункової схеми

Номер напрямку	Виробки напрямів	Загальна депресія, Па
1	1 – 2 – 3	166
2	1 – 4 – 3	166
3	5 – 6 – 11 – 7 – 8	167
4	5 – 6 – 11 – 12 – 13 – 8	167
5	5 – 6 – 11 – 12 – 15 – 8	168
6	5 – 9 – 10 – 11 – 7 – 8	166
7	5 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 8	167
8	5 – 9 – 10 – 11 – 12 – 15 – 8	168
9	5 – 9 – 14 – 11 – 7 – 8	167
10	5 – 9 – 14 – 11 – 12 – 13 – 8	168
11	5 – 9 – 14 – 11 – 12 – 15 – 8	169
12	16	166

Для розглянутого прикладу з'єднання 11.1 (рис. 1) видно, що відхилення депресії напрямів не виходять за межі погрішності, пов'язаної з округленням результатів розрахунків.

Загальна депресія складного паралельного з'єднання виробок може бути також перевірена за формулою

$$h_0 = R_0 Q_0^2, \quad (16)$$

де R_0 – загальний аеродинамічний опір з'єднання, $H \cdot c^2/m^8$;

Q_0 – загальні витрати повітря в з'єднанні, m^3/c .

В нашому прикладі

$$h_0 = 0.0166 \cdot 100^2 = 166 \text{ Па.}$$

3.8. Визначення швидкості руху повітря в гірничих виробках

Швидкість руху повітря v , m/c в виробках з'єднання визначається за формулою

$$v = \frac{Q}{S}. \quad (17)$$

Результати розрахунків заносяться в графу 13 табл. 5. При проектуванні і експлуатації реальної шахтної вентиляційної мережі ці дані використовуються для порівняння розрахункових значень швидкості руху повітря з гігієнічними нормативами та прийняття при необхідності рішень щодо зміни поперечного перерізу гірничих виробок.

Упорядники:

Микола Феофанович Кременчуцький

Микола Васильович Шибка

Анатолій Арсенійович Літвиненко

Володимир Григорович Марченко

Методичні рекомендації та завдання до контрольної роботи з дисципліни:
«Аерологія гірничих підприємств». (для студентів гірничих спеціальностей
усіх форм навчання)

Редакційно-видавничий комплекс

Редактор

Підписано до друку Формат 30x42/4

Папір офсетний. Ризографія. Умовн. друк. арк.

Обліково-видавн. Арк Тираж прим. Зам №

НГУ

49027, м.Дніпропетровськ – 27, просп. К.Маркса