

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА**

# *Прикладна механіка рідин і газів*

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

### **ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

(для студентів 3 курсу заочної форми навчання  
за напрямом підготовки 6.040106 – "Екологія, охорона навколишнього середовища  
та збалансоване природокористування")

**ХАРКІВ ХНАМГ 2011**

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Прикладна механіка рідин і газів» (для студентів 3 курсу заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.040106 – "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Дмитренко Т.В. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 19 с.

Укладач: к.т.н., доц. Т.В. Дмитренко

Рецензент: к.т.н., доц. І.Ю. Саратов

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,  
протокол № 9 від 30.03.2009 р.

## З М І С Т

Вступ. ....	4
1. Мета, завдання, предмет та місце дисципліни. ....	5
2. Теми та зміст практичних занять з дисципліни «Прикладна механіка рідин і газів» ....	6
3. Тематичний план (розподіл навчального практичних занять) ....	16
4. Інформаційно-методичне забезпечення курсу. ....	17

## ВСТУП

Прикладна механіка рідин і газів (ПМРГ) - наука, що вивчає закони рівноваги і механічного руху рідини і розробляє методи застосування цих законів для вирішення завдань інженерної практики. ПМРГ, як механіка рідини, підрозділяється на гідростатику, в якій вивчаються закони рівноваги рідини, кінематику рідини, що вивчає зв'язки між геометричними характеристиками руху і часом (швидкості і прискорення), і гідродинаміку, що вивчає рух з урахуванням діючих сил. В даний час питання, що вивчає ПМРГ, охоплюють рух води не тільки в трубах, але і у відкритих руслах (каналах, річках), в різних водопровідних, повітровідних, водовідвідних (каналізаційних) і гідротехнічних спорудах, рух ґрунтових вод, а також рух інших рідин (нафта, масла, різні розчини і так далі) в трубопроводах і спорудах. ПМРГ, розглядаючи закони рівноваги і руху рідини, спирається на такі науки, як вища математика, фізика, теоретична механіка.

Метою даного курсу і є надання студентам теоретичних знань та практичних навичок у галузі розрахунків течій рідин і газів у інженерних спорудах і відкритих руслах.

В даних методичних вказівках формулюються теми та стислий зміст практичних занять з дисципліни «Прикладна механіка рідин і газів», відзначені у програмі та робочій програмі навчальної дисципліни. Також пропонується тематичний план (розподіл часу за темами, формами і видами навчальної роботи) та рекомендується відповідна література. Таким чином дані вказівки містять необхідний мінімум інформації для складання студентами заліку з дисципліни.

## 1. МЕТА, ЗАВДАННЯ, ПРЕДМЕТ ТА МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ

**Загальний обсяг** навчальної роботи студента за навчальним (и) планом(ами) 72/2....годин/ кредитів ECTS.

**Мета вивчення:** надання студентам теоретичних знань і практичних навичок у галузі розрахунків руху рідин і газів у інженерних спорудах і відкритих руслах

**Завдання:** надбання навичок використання сучасних теоретичних засад й методів розрахунку руху рідин і газів у інженерних спорудах і відкритих руслах у достатніх межах для їх професійної спеціалізації.

**Предмет дисципліни:** закони руху рідин і газів, розрахункові залежності, що використовуються у практиці інженерних розрахунків природних і інженерних систем.

**Місце дисципліни у структурно – логічній схемі навчального плану:**

Дисципліни, що повинні передувати вивченню даної дисципліни: "Вища математика" (математичний аналіз), "Фізика" (механіка, термодинаміка).

На дану дисципліну спирається вивчення наступних дисциплін: "Прикладна гідроекологія", "Моделювання і прогнозування стану довкілля".

**У результаті вивчення дисципліни студент повинен:**

- знати: теоретичні засади й методи розрахунків руху рідин і газів у інженерних спорудах і відкритих руслах у достатніх межах для їх професійної спеціалізації.

- уміти: застосовувати теоретичні знання й надбані вміння в інженерних розрахунках руху рідин і газів.

## 2. ТЕМИ ТА ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ “ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА РІДИН І ГАЗІВ”

**Тема: Фізичні властивості рідин та газів. Ньютонівські та не ньютонівські рідини. Спільні властивості рідин та газів та їх відмінності.**

В даний час питання, що вивчає ПМРГ, охоплюють рух води не тільки в трубах, але і у відкритих руслах (каналах, річках), в різних водопровідних, повітровідних, водовідвідних (каналізаційних) і гідротехнічних спорудах, рух ґрунтових вод, а також рух інших рідин (нафта, масла, різні розчини і так далі) в трубопроводах і спорудах.

**Рідиною** називається суцільне середовище, що володіє здатністю легко змінювати свою форму під дією навіть вельми незначних сил. Найбільш характерна властивість рідини - текучість. **Текучість** - це рухливість частинок рідини, що обумовлюється нездатністю її сприймати дотичну напругу в стані спокою. Рідина не може зберігати власну форму, вона приймає форму судини (резервуару, водоймища), в якій вона знаходиться.

Розрізняють рідини, що стискаються і нестискувані. Рідинами, що **стискаються**, є повітря і інші гази. До **нестискуваних рідин** зазвичай відносять так звані **краплинні** рідини (вода, нафта, змащувальні масла та ін.), хоча, строго кажучи, такі рідини володіють все ж таки незначною стисливістю, яку в деяких випадках руху рідини необхідно враховувати. Краплинна рідина має власний об'єм і вільну поверхню, тобто поверхню розділу її з газом.

Однією з найважливіших фізичних характеристик рідини є **щільність  $\rho$** , тобто відношення маси  $M$  рідини до займаного нею об'єму  $W$ :

$$\rho = M / W .$$

У гідравліці також використовується поняття **питомої ваги рідини**, що є відношенням сили тяжіння рідини  $\gamma$  до її об'єму  $W$ . Оскільки питома вага і щільність представляють відношення сили тяжіння і маси до одного і тому ж об'єму, то зв'язок між ними може бути виражений як:

$$\gamma = \rho \cdot g,$$

де  $g=9,807$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Питома вага вимірюється в Н/м<sup>3</sup> або в кг/(м<sup>2</sup>•с<sup>2</sup>).

Щільність реальної рідини мало змінюється при зміні тиску.

$\beta_p$  - коефіцієнт об'ємного стиснення.

$\beta_t$  - температурний коефіцієнт об'ємного розширення.

**В'язкістю** називається властивість рідин чинити опір дотичним зусиллям при русі.

Розрізняють динамічну та кінематичну в'язкість рідини.

Відношення динамічної в'язкості до щільності називається **кінематичною в'язкістю рідини**:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}.$$

Кінематична в'язкість зменшується із збільшенням температури.

Наявність вільної енергії у молекул вільної поверхні рідини називають поверхневим натягненням.

### **Ньютонівські і неньютонівські рідини**

Окрім звичайних (ньютонівських) рідин, існують аномальні (неньютонівські) рідини. До них відносяться змащувальні масла, нафтопродукти, колоїдні розчини.

**Зміст практичних занять:** рішення задач на інтерполяцію довідникових табличних даних з фізичних властивостей рідин і газів.

**Тема: Гідростатика. Сили, що діють в рідині. Рівновага рідин. Гідростатичний тиск і його властивості. Рівняння гідростатики в диференціальній та інтегральній формах. Напір та його енергетичний зміст. Прилади для вимірювання тиску. Тиск на площину та криволінійні поверхні. Закон Архімеда**

**Гідростатика** – це розділ гідравліки, в якому вивчаються закони рівноваги рідин.

Сили, що діють в рідині: сили тиску, в'язкості і поверхневого натягнення.

Гідростатичний тиск характеризується такими основними властивостями:

1. Гідростатичний тиск направлений нормально до поверхні, на яку воно діє і створює тільки стискуючу напругу.

2. У будь-якій точці рідини гідростатичний тиск однаковий за всіма напрямками.

Гідростатичний тиск в крапці залежить тільки від її положення в просторі, тобто:

$$p = f(x, y, z).$$

У одиницях СІ тиск вимірюється в паскалях (Па), кілопаскалях (кПа), мегапаскалях (Мпа). У технічній літературі, виданій раніше 1980 р., зустрічається вимірювання тиску в технічних атмосферах ( $\text{кгс/см}^2$ ).

Основне диференціальне рівняння гідростатики для рідини, що знаходиться під дією сили тяжіння, має вигляд:

$$dp = -\rho \cdot g \cdot dz.$$

Інтегруючи, отримаємо для **нестискуваної** рідини:

$$\frac{p}{\rho \cdot g} + z = \text{const}.$$

Це рівняння називається **основним рівнянням гідростатики**.

Для **нестискуваної** рідини, що знаходиться в рівновазі під дією сили тяжіння, повний (абсолютний) гідростатичний тиск в точці:



$$p = p_0 + \gamma \cdot h,$$

где:  $p_0$  - тиск на вільній поверхні рідини;

$\gamma \cdot h$  - вага (сила тяжіння) стовпа рідини висотою  $h$  з площею поперечного перетину, рівній одиниці;

$h$  - глибина занурення крапки;

$\gamma$  - питома вага рідини.

Величина перевищення абсолютного тиску над атмосферним називається **манометричним**, або **надмірним** тиском в даній точці.

$$p_M = p - p_a = p_0 + \gamma \cdot h - p_a.$$

Якщо тиск на вільній поверхні рівний атмосферному, то надмірний тиск:

$$p_M = \gamma \cdot h.$$

П'єзометр — простий прилад для вимірювання тиску.

Енергетичний сенс тиску: для всіх точок рідини, що покоїться, згідно попереднього виразу, п'єзометричний тиск є величиною постійною і вимірюється потенційною енергією частинки рідини віднесеною до її ваги.

Якщо абсолютний тиск в крапці менше атмосферного, то недостача абсолютного тиску до атмосферного називається **вакуумом**:  $p_{\text{вак}} = p_a - p$ .

Зігнута трубка, що показує висоту вакууму, називається вакуумметром. П'єзометром і вакуумметром зазвичай вимірюють невеликий тиск і вакуум. При великому вимірюваному тиску застосовують рідинні манометри (вакуумметри), заповнені ртуттю. При значно великому тиску користуватися ртутніми манометрами незручно і для їх вимірювання застосовуються спеціальні пружинні манометри.

Існують дві групи манометрів: **рідинні й механічні**.

**Закон Архімеда**: на поверхню тіла, зануреного в рідину, діють сили тиску, рівнодіюча яких направлена проти сили тяжіння, прикладена до тіла в центрі ваги об'єму рідини, витисненої тілом, і рівна за величиною вазі рідини у витисненому об'ємі.

При розрахунку будівельних конструкцій і споруд важливо знати не тільки тиск в окремих крапках, але і загальну силу тиску рідини на споруду або його частину. Сила гідростатичного тиску (абсолютного) на плоску поверхню рівна множенню її питомої ваги на площу поверхні і на величину гідростатичного тиску на глибині занурення центру тяжіння поверхні.

**Зміст практичних занять:** розгляд прикладів і вирішення задач із рекомендованого збірника на розподіл тиску та розташування поверхонь розділу середовищ у гідростатичних системах.

**Тема: Гідродинаміка. Дві форми описання руху рідин. Основні види руху. Витрати рідини. Рівняння нерозривності в диференціальній та інтегральній формах. Рівняння Бернуллі для ідеальної та в'язкої рідин, його фізичний зміст та графічна інтерпретація**

**Гідродинаміка** — це розділ гідравліки, що вивчає закони руху рідини. Рідина розглядається в гідравліці як безперервне середовище, що суцільно заповнює даний простір без утворення порожнеч - континуум. Ця обставина, а також складність обліку сил тертя утрудняють вивчення законів руху рідини. Тому вивчення цих законів починається на основі гідромеханіки нев'язкої (ідеальної) рідини, тобто без урахування сил тертя, а потім в отримані залежності вводяться уточнення, засновані на експериментальних даних.

Класифікація видів руху рідини заснована на ряду його ознак. Так, якщо швидкість і тиск в даній точці змінюються з часом, то такий рух називається **несталим**. Якщо ж швидкість і тиск в даній точці не змінюються з часом, то такий рух називається **сталим**.

Сталий рух може бути рівномірним і нерівномірним. При **рівномірному** русі швидкість, а також глибина (у відкритому руслі) потоку не змінюються уздовж течії, а при **нерівномірному** русі ці елементи не залишаються постійними.

Рівномірний, як і нерівномірний, рух може бути напірним і безнапірним. При **напірному** русі потік стикається із стінками русла за всім периметром

свого перетину, а при безнапірному русі лише за частиною периметру (при цьому потік має вільну поверхню). Якщо окрім поступальної ходи частинок рідини спостерігається також їх обертальний рух, то такий рух називається вихровим. Якщо обертання частинок відсутнє, то рух буде безвихровим.

Існують два методи вивчення руху рідини: метод Лагранжа і метод Ейлера. Метод Лагранжа вивчає зміну положення в просторі окремих частинок рідини, тобто траєкторії їх руху. Метод Ейлера вивчає поле швидкостей, тобто картину руху частинок рідини в окремих точках простору в кожен даний момент часу.

Метод Лагранжа, зважаючи на його складність, в гідродинаміці використовується рідко. Звичайне вивчення руху засновано на методі Ейлера.

Кількість рідини, що пройшла через живий перетин потоку за одиницю часу, називається **витратою потоку**. Витрата потоку складається з суми витрат елементарних струменів:

$$Q = \iint_{\omega} u \cdot d\omega .$$

У більшості випадків для характеристики зміни швидкості за живим перетином не вдається отримати необхідну теоретичну залежність, що викликає утруднення при обчисленні інтеграла. Для багатьох практичних завдань важливо знати витрату  $Q$  і не обов'язково знати місцеву швидкість  $i$  в кожній точці перетину. Для зручності розрахунків вводиться поняття **середньої швидкості в живому перетині  $V$** . Під такою швидкістю розуміється умовна, однакова для всіх точок перетину, швидкість, при якій витрата потоку буде такою ж, як і при різних місцевих швидкостях. З урахуванням цього:

$$Q = \iint_{\omega} V \cdot d\omega = V \cdot \omega ,$$

де  $\omega$  — площа живого перетину потоку.

Витрата вимірюється в  $\text{м}^3/\text{с}$ . При розрахунку систем водопостачання і водовідведення витрата виражається також в  $\text{л}/\text{с}$  ( $1 \text{ л}/\text{с} == 0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

## Рівняння нерозривності рідини

Умова руху рідини без утворення розривів (порожнеч) характеризується рівнянням нерозривності, яке виражає закон збереження маси.

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0.$$

Це рівняння називається **рівнянням нерозривності в диференціальній формі для довільного руху нестискуваної рідини**.

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2.$$

Це рівняння називається **рівнянням нерозривності для елементарного струменю**.

Для потоку рідини у випадку, якщо між розрахунковими перетинами 1—1 і 2—2 немає відведення або притоки рідини, умова нерозривності є умовою постійності витрати і можна записати:

$$V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2.$$

Це рівняння нерозривності для потоку, з якого виходить важлива особливість руху рідини — при зменшенні площі живого перетину середня швидкість збільшується, а при збільшенні площі середня швидкість зменшується.

**Рівняння Бернуллі** для потоку ідеальної (нев'язкої) рідини (без витрат механічної енергії), складене відносно довільно вибраній горизонтальній площині порівняння, має наступний вигляд:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = H_i = \text{const.}$$

Ліва частина рівняння є сумою двох видів енергії: потенційною, такою, що складається з енергії положення  $z$  і енергії тиску, і кінетичної енергії, віднесених до одиниці ваги рухомої рідини. Її також називають гідродинамічним або повним тиском  $H_i$ . Величину  $H = z + \frac{p}{\gamma}$  називають **п'єзометричним тиском**, а величину  $V^2/2g$  - **швидкісним тиском**.

При сталому, плавно змінному за рухом потоку реальної рідини, рівняння

Бернуллі для двох перетинів трубки струму має наступний вигляд:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + \Delta h_{w_{1-2}},$$

де  $V_1$  і  $V_2$  середні швидкості течії в живих перетинах;  $\alpha$  - коефіцієнт кінетичної енергії (Коріоліса), що приймається при турбулентному режимі руху рівним 1,0 - 1,1, а при ламінарному  $\alpha=2$  (у круглій трубі);  $\Delta h_{w_{1-2}}$  - витрати повного тиску або питомої енергії (енергія на одиницю ваги) на подолання сил гідравлічного опору руху потоку на ділянці між перетинами.

**Зміст практичних занять:** розгляд прикладів і вирішення задач із рекомендованого збірника.

**Тема: Гідравлічний опір. Ламінарний та турбулентний рух. Число Рейнольдса. Розподіл швидкості за перерізом потоку. Місцевий гідравлічний опір. Витрати напору при розширенні, звуженні та повороті потоку.**

**Гідравлічним опором** називають витрати механічної енергії рухомої реальної (в'язкої) рідини на роботу сил тертя, яка переходить в тепло. Величина гідравлічного опору залежить від режиму руху рідини – **ламінарного** або **турбулентного**.

**Ламінарним рухом реальної рідини** називають її впорядкований рух, при якому елементарні цівки є плавними лініями. Визначення можливості реалізації ламінарного режиму руху рідини в круглих трубах проводиться за величиною **числа Рейнольдса**:

$$Re = \frac{Vd}{\nu},$$

де  $V$  - середня швидкість течії;  $d$  - діаметр труби;  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Критерій встановлення ламінарного режиму:  $Re < 2320$ .

**Турбулентним рухом реальної рідини** називають її нестационарний рух, при якому для елементарних струменів властива хаотична, нерегульована і нестационарна картина їх розподілу в потоці.

Критерій реалізації турбулентного режиму руху рідини в круглих трубах:

$$Re > 2320.$$

Витрати повного тиску в потоці рідини на ділянці між двома живими перетинами складаються із витрат за довжиною і суми місцевих витрат:

$$\Delta h_{W_{1-2}} = h_L + \sum h_M,$$

$h_L$  - витрати тиску за довжиною потоку;  $\sum h_M$  - сума місцевих витрат тиску.

Витрати тиску за довжиною трубопроводу постійного перетину визначають за **формулою Вейсбаха-Дарсі**:

$$h_L = \zeta \frac{V^2}{2g},$$

де  $\zeta$  - коефіцієнт витрат.

При розрахунку витрат тиску за довжиною в круглих трубопроводах, коефіцієнт визначають за формулою:

$$\zeta = \lambda \frac{L}{d},$$

де  $\lambda$  - гідравлічний коефіцієнт тертя (коефіцієнт Дарсі);  $L$  - довжина ділянки трубопроводу, на якому визначаються витрати тиску;  $d$  - діаметр трубопроводу.

Термін «**місцеві гідравлічні опори**» означає місцеві витрати енергії потоку за рахунок локальних (місцевих) збуджень його рівномірності або плавної зміни. Такі місцеві збудження виникають при:

- вході потоку з резервуару в трубу при гострих вхідних кромках;
- вході в трубу з сіткою;
- при різкому розширенні трубопроводу;
- при різкому звуженні трубопроводу;
- при різкому повороті трубопроводу (гостре коліно);
- при вході потоку з труби в резервуар під рівень рідини.

Місцеві витрати тиску визначають за **формулою Вейсбаха**:

$$h_M = \zeta_M \frac{V^2}{2g},$$

де  $\zeta_M$  - коефіцієнт місцевого опору;  $V$  - середня швидкість потоку в перетині за місцем його обурення (окрім входу потоку в резервуар).

**Зміст практичних занять:** розгляд прикладів і вирішення задач із рекомендованого збірника.

**Тема: Гідравлічний розрахунок трубопроводів. Аеродинамічний розрахунок повітроводів**

Для гідравлічного розрахунку трубопроводу **початковими даними є**:

- встановлена пропускна спроможність трубопроводу (витрата рідини);
- повний тиск в кінцевому перетині трубопроводу;
- вид перекачуваної рідини і її температура;
- матеріал трубопроводу;
- конфігурація трубопроводу (розташування, довжина і діаметр його колін).

**Завданням розрахунку є** визначення повного тиску в його початковому перетині, що забезпечує задану пропускну спроможність трубопроводу.

**Порядок розрахунку:**

- знаходимо питому вагу рідини, відповідну заданій температурі (за довідником);
- знаходимо коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини, відповідний заданій температурі (за довідником);
- визначаємо еквівалентну шорсткість труб (за довідником);
- обчислюємо витрати тиску за довжиною кожного коліна (ділянки з постійним діаметром) трубопроводу за формулою Вейсбаха-Дарсі;
- обчислюємо сумарні витрати тиску по довжині трубопроводу, підсумовуючи витрати тиску у його колінах;
- визначаємо наявність і вид місцевих опорів;
- обчислюємо місцеві витрати тиску для кожного з місцевих опорів;

- обчислюємо сумарні місцеві витрати тиску в трубопроводі, підсумовуючи місцеві витрати тиску;
- обчислюємо повні витрати тиску, підсумовуючи сумарні місцеві витрати і витрати за довжиною трубопроводу;
- визначаємо повний тиск в початковому перетині трубопроводу, підставляючи в ліву частину рівняння Бернуллі величину повного тиску в кінцевому перетині і повні витрати тиску в трубопроводі.

### **Аеродинамічний розрахунок повітроводів.**

Для ізотермічних, низьконапірних умов руху повітря у повітроводах розрахунки проводяться аналогічно попередньому.

**Зміст практичних занять:** розгляд прикладів і вирішення задач із рекомендованого збірника.

## **3. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН**

(розподіл навчального часу практичних занять)

**Таблиця 3.1 - Розподіл навчального часу практичних занять)**

Зміст	Кількість годин
<b>ЗМ 1.1.</b> Явища переносу	4
<b>ЗМ 1.2.</b> Турбулентність	4
<b>ЗМ 1.3.</b> Механіка відкритих потоків	-
<b>РАЗОМ</b>	8



#### 4. ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КУРСУ

№	Бібліографічні описи, Інтернет адреси
<b>1. Рекомендована основна навчальна література (підручники, навчальні посібники, інші видання)</b>	
1	Альтшуль А.Д. и др. Гидравлика и аэродинамика. М.: Стройиздат, 1987.
2	Константинов Ю.М. Гидравлика и аэродинамика. М.: Высшая школа, 1987.
3	Александров В.С. Прикладная гидроаэродинамика: Учебное пособие. Тула.: ТПИ, 1984.
4	Емцев Б. Т. Техническая гидромеханика: Учебник для вузов по специальности "Гидравлические машины и средства автоматизации". - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987.
5	Иванов К.Ф., Сурков С.В. Механика жидкости и газа. ч. 1. Одесса: ОГПУ, 1995.
6	Валуева Е.П., Свиридов В.Г. Введение в механику жидкости. М.: Изд-во МЭИ, 2001.
7	Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа: Учеб. пособие, 3-е изд. М.: Наука, 1970.
8	Франк А.М. Дискретные модели несжимаемой жидкости. М.: Физматлит, 2001.
9	Повх И. А. Техническая гидромеханика. Л.: Машиностроение, 1976.
10	Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. М.: Наука, 1964.
11	Большаков В.А. и др. Сборник задач по гидравлике. К.: Вища школа, 1975.
<b>2. Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти інтернет тощо)</b>	
1	Даденков Ю. Н., Зубрий П. Е. Гидравлические расчеты М.: Энергоатомиздат, 1983.
2	Бударин В.А. Метод расчета движения жидкости. Астрахань: Астропринт, 2006.
3	Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975.

**3. Методичне забезпечення**  
**(реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів, плакатів тощо)**

1	Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни “Прикладна механіка рідин і газів” (для студентів 2 курсу денної форми навчання за фахом 8.070805 – «Екологія та охорона навколишнього природного середовища». / Укл.: Бараннік В.О. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 25 с. (електронна версія на кафедрі інженерної екології міст).
2	Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Прикладна механіка рідин і газів» (для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.070800 – "Екологія та охорона навколишнього природного середовища"). / Укл.: Бараннік В.О., Дмитренко Т.В. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 6 с.

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Прикладна механіка рідин і газів» (для студентів 3 курсу заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.040106 – "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування")

Укладач: **Дмитренко** Тетяна Володимирівна

Редактор М.З. Аляб'єв

Комп'ютерне верстання Ю.П. Степась

План 2009, поз. 113 М.

---

Підп. до друку 25.11.2009  
Друк на ризографі.  
Тираж 50 пр.

Формат 60 x 84 1/16.  
Ум. друк. арк. 0,8.  
Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 731 від 19.12.2001