

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ
РОБІТ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА НАПРЯМОМ
ПІДГОТОВКИ 6.050502 «ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА»

Київ 2012

УДК 004.42
ББК 73
Б82

Укладач: Є.В. Бородавка, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: В.М. Міхайленко, доктор технічних наук, професор

Відповідальний за випуск: В.В. Демченко, кандидат технічних наук,
доцент, завідуючий кафедрою прикладної математики

*Затверджено на засіданні кафедри прикладної математики,
протокол № 2 від 13 лютого 2012 року.*

Б82 Методи і засоби комп'ютерних технологій: методичні вказівки до виконання індивідуальних робіт / Уклад. Є.В. Бородавка. – К.: КНУБА, 2012. – 20 с.

Методична розробка містить загальні положення, які визначають мету й завдання індивідуальної роботи та основні вимоги щодо її виконання, рекомендації щодо вибору теми, формування завдань, складання плану, викладу матеріалу, подання індивідуальної роботи викладачу, структуру індивідуальної роботи та вимоги, щодо її технічного оформлення, рекомендації щодо захисту, теми індивідуальних робіт, а також список рекомендованої літератури.

Призначено для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050502 «Інженерна механіка».

УДК 004.42
ББК 73

© Бородавка Є.В. 2012
© КНУБА, 2012

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Індивідуальна робота є логічним продовженням лекційного курсу і лабораторних занять з дисципліни «Методи і засоби комп'ютерних технологій» та сполучною ланкою для переходу від виконання навчальних завдань до проведення самостійної роботи за реальною тематикою.

Метою індивідуальної роботи є формування в майбутніх спеціалістів професійних навичок та вмінь по вирішенню прикладних інженерних задач з використанням сучасних програмних засобів, зокрема з використанням програми MathCAD.

В процесі виконання індивідуальної роботи студенти повинні продемонструвати вміння застосувати на практиці теоретичні знання, отримані під час вивчення дисципліни.

ТЕМАТИКА ІНДИВІДУАЛЬНИХ РОБІТ

Тематика і зміст індивідуальних робіт обумовлені основними розділами робочої навчальної програми дисципліни та орієнтовані на практичну реалізацію вивчених методів вирішення прикладних інженерних задач.

Конкретну тему та опис початкових даних для розв'язання задачі вказують у завданні на індивідуальну роботу.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

У відповідності з навчальним планом індивідуальна робота передбачена на 2-му курсі у 3-му семестрі. На виконання роботи відводиться десять тижнів.

Тему індивідуальної роботи студент отримує у відповідності зі своїм порядковим номером в списку групи. В окремих випадках дозволяється змінити тему за узгодженням з викладачем.

Кожен студент виконує роботу *індивідуально*.

Послідовність виконання індивідуальної роботи включає такі етапи:

- аналіз отриманого завдання;
- розв'язок задачі засобами програми MathCAD;
- оформлення пояснювальної записки в програмі MathCAD.

Кінцевими результатами індивідуальної роботи є задача розв'язана в програмі MathCAD та пояснювальна записка.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Здається індивідуальне завдання у вигляді пояснювальної записки, що повинна складатися з наступних частин:

1. Титульний аркуш, оформлений згідно встановлених стандартів. Він повинен містити наступну інформацію:
 - назва міністерства;
 - назва університету;
 - назва кафедри;
 - назва дисципліни;
 - номер варіанту завдання;
 - група, прізвище та ініціали виконавця;
 - посада, прізвище та ініціали перевіряючого;
 - місто та рік виконання роботи.
2. Зміст індивідуальної роботи.
3. Завдання згідно отриманого варіанту.
4. Порядок розв'язку задачі з коментарями, оформлений належним чином.
5. Список використаних літературних джерел.

ТЕМИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ РОБІТ

Теми індивідуальних робіт – це задачі з гідравліки, які необхідно розв'язати засобами програми MathCAD.

ВАРІАНТ №1 (2.19 с. 25)

Визначити довжину шляху розгону автомобіля-самоскида, що змінює швидкість з 0 до 60 км/год, та максимальне прискорення, при якому цементний розчин не вилетіть з його кузова, довжина якого 2,6 м, ширина – 1,8 м, та висота – 0,8 м. Кузов заповнений розчином на $\frac{3}{4}$. З якою силою при цьому прискорений цементний розчин діє на задній борт кузова? Рух автомобіля прямолінійний, рівноприскорений. Густина цементного розчину – 2200 кг/м³.

Побудувати графік залежності довжини шляху розгону від швидкості в межах від 20 км/год до 60 км/год. Побудувати гістограму сили тиску розчину на задній борт в залежності від його ширини в межах від 1 м до 1,8 м. Інтервал зміни швидкості прийняти 10 км/год, а інтервал зміни ширини кузова – 0,2 м. До графіку та гістограми додати таблиці результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Рівняння рівня поверхні: $Xdx+Ydy+Zdz=0$, де $X=-a$, $Y=0$, $Z=-g$. Спростити і вирішити це рівняння відносно z . Отримаємо рівняння прямої у вигляді $z=Ax+B$, де A – від'ємний тангенс кута нахилу розчину $tg(\varphi)$.
2. Тангенс кута нахилу розчину, при русі автомобіля $tg(\varphi)=(1-\frac{3}{4})h/0,5l$. Знайти значення максимального прискорення автомобіля a , з рівняння $A=-tg(\varphi)$.
3. Швидкість руху автомобіля $v=at$. Довжина шляху розгону $L=at^2/2$.
4. Сила дії цементного розчину на задній борт автомобіля $P=\rho gh_c S$. Де h_c – середня висота заднього борту, а S – його площа.

ВАРІАНТ №2 (2.20 с. 26)

Визначити силу тиску води на плоску та сферичну кришки цистерни, яка рухається горизонтально з прискоренням $1,5 \text{ м/с}^2$. Радіус цистерни $0,75 \text{ м}$, її довжина 3 м , висота наповнення 1 м .

Побудувати графіки залежності тиску води на обидві кришки цистерни в залежності від її прискорення в межах від 1 м/с^2 до 2 м/с^2 . Інтервал зміни прискорення вибрати $0,1 \text{ м/с}^2$. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Рівняння рівня поверхні: $Xdx+Ydy+Zdz=0$, де $X=-a$, $Y=0$, $Z=-g$. Спростити і вирішити це рівняння відносно z . Отримаємо рівняння прямої у вигляді $z=Ax+B$, де A – від'ємний тангенс кута нахилу розчину $tg(\varphi)$.
2. Тиск води на плоску кришку $P_1=\rho gh_c S$. Де S – площа плоскої кришки, а h_c – відстань по вертикалі від площини поверхні води до центра ваги кришки $h_c=h-\Delta h$, $\Delta h=Ltg(\varphi)/2$.
3. Сила тиску води на сферичну кришку $P_2=((N+F)^2+G^2)^{1/2}$. Де N – сила тиску на плоский переріз сферичної кришки: $N=\rho gh_o S$, де $h_o=h+\Delta h$. G – вага рідини об'ємом V : $G=\rho gV$, $V=2\pi R^3/3$. F – сила інерції рідини об'ємом V : $F=\rho aV$.

ВАРІАНТ №3 (4.2 с. 51)

По трубопроводу діаметром $1,2 \text{ см}$ перекачується індустріальне масло ІС-20 з температурою 30°C . Визначити втрати тиску на ділянці трубопроводу та показання ртутного манометра, приєднаного до трубопроводу у двох точках, віддалених одна від одної на відстань 3 м , якщо витрати масла $0,3 \text{ л/с}$. Кінематична в'язкість масла ІС-20 – $47 \text{ мм}^2/\text{с}$. Густина ртуті – 13600 кг/м^3 . Густина масла індустріального ІС-20 – 890 кг/м^3 .

Побудувати графіки залежності зміни втрат тиску рідини в трубі та висоти ртутного стовпчика манометра від діаметру труби в межах від 1 до 2 см .

Інтервал зміни діаметру труби прийняти 0,1 см. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Для визначення втрат тиску на ділянці трубопроводу знаходимо швидкість руху масла та число Рейнольдса: $v=4Q/\pi d^2$, $Re=vd/\nu$.
2. Втрати тиску визначаємо за формулою: $\Delta P=128\rho_m \nu Q/\pi d^4$.
3. Для визначення висоти показання манометра прирівнюємо вирази для тисків у точках 1 та 2: $P_1+\rho_m g(a+h)=P_2+\rho_m ga+\rho_p gh$, де P_1 та P_2 – тиск у початковому та кінцевому перерізах ділянки трубопроводу. Звідси знаходимо: $\Delta P=P_1-P_2$.
4. З отриманої рівності вираховуємо h .

ВАРІАНТ №4 (3.7 с. 43)

Визначити витрату води, що витікає з трубки діаметром 25 мм та довжиною 0,4 м під напором 1 м, якщо трубка обертається навколо вертикальної осі з частотою 120 хв^{-1} . Якими будуть витрати води з рухомої та нерухомої трубки?

Побудувати графік залежності витрат води в рухомій трубці від частоти обертання в межах від 100 хв^{-1} до 200 хв^{-1} . Інтервал зміни частоти обертання прийняти 10 хв^{-1} . До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Скористаємося рівнянням Бернуллі для відносного руху рідини: $(\alpha\omega_1^2/2g)+(p_1/\rho g)+z_1=(\alpha\omega_2^2/2g)+(p_2/\rho g)+z_2+\Delta H_{ин}$, де $\omega_1=0$; $p_1=p_2=p_a$; $z_1=H$; $z_2=0$, інерційний напір $\Delta H_{ин}=(u_1^2/2g)-(u_2^2/2g)$, причому $u_1=0$; $u_2=2\pi n$.
2. Шляхом підстановки в рівняння Бернуллі всіх наведених величин, отримаємо значення швидкості рідини відносно трубки ω_2 .
3. Витрати рідини в трубці, що обертається $Q=\pi d^2 \omega_2/4$.
4. Швидкість витікання рідини з нерухомої трубки: $\omega_2'=(2gH)^{1/2}$.
5. Витрати рідини з нерухомої трубки: $Q'=\pi d^2 \omega_2'/4$.

ВАРІАНТ №5 (4.4 с. 52)

Робоча рідина – масло ІС-20, при температурі 50°C , підводиться у поршневу порожнину гідроциліндра. Визначити тиск в першому отворі та витрати масла, за яких швидкість переміщення 2 см/с , якщо витрати робочої рідини через кільцевий зазор (60 мкм) між циліндром та поршнем – $5 \text{ см}^3/\text{с}$, діаметр поршня – 100 мм , ширина поршня – 70 мм , тиск в другому отворі – 80 кПа . Чому буде дорівнювати зусилля в штоці, якщо діаметр штока 50 мм ? Кінематична в'язкість масла при 50°C – $20 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Побудувати графіки залежності шуканих величин від зміни швидкості руху поршня в межах від 1,5 см/с до 2,5 см/с. Інтервал зміни швидкості прийняти 0,1 см/с. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Витрати робочої рідини: $Q = \pi D^2 v_n / 4 + q$.
2. Тиск в першому отворі знайдемо із формули: $q = \pi D [\delta^3 (P_1 - P_2) / 12 \mu l + v_n \delta / 2]$. Звідси визначити P_1 .
3. Динамічна в'язкість визначається за формулою: $\mu = \nu \rho$.
4. Зусилля в штоці циліндра визначається за формулою: $R = \pi D^2 P_1 / 4 - \pi (D^2 - d^2) P_2 / 4$.

ВАРІАНТ №6 (4.6 с. 53)

Визначити втрати тиску на тертя у трубопроводі діаметром 250 мм та довжиною 1,5 км, по якому перекачується бензин з витратами 65,5 т/год. Шорсткість стінок трубопроводу прийняти 0,2 мм. Густина бензину – 700 кг/м³. Кінематична в'язкість бензину – 0,75 мм²/с.

Побудувати графіки залежності шуканих величин від діаметру трубопроводу в межах від 150 мм до 250 мм. Інтервал зміни діаметру прийняти 10 мм. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Знаходимо об'ємні витрати бензину: $Q = Q' / \rho$.
2. Середня швидкість бензину: $v = 4Q / \pi d^2$.
3. Число Рейнольдса: $Re = vd / \nu$.
4. Коефіцієнт гідравлічного тертя: $\lambda = 0,11 (\Delta / d + 68 / Re)^{0,25}$.
5. Втрати тиску в трубопроводі: $\Delta P = \lambda l \rho v^2 / 2d$.

ВАРІАНТ №7 (4.15 с. 62)

У системі змащення двигуна внутрішнього згорання одна з секцій шестеренного насоса нагнітає масло (густина 900 кг/м³) з подачею 0,4 л/с по трубопроводу 1 (довжина 1,8 м, діаметр 10 мм, кінематична в'язкість масла $\nu_1 = 8$ мм²/с, коефіцієнт опору входу $\zeta_1 = 0,5$) у масляний радіатор 3 (місцевий опір $\zeta = 0,3$), з якого воно, охолонувши, зливається у піддон по трубопроводу 2 (довжина 1,1 м, діаметр 15 мм, кінематична в'язкість масла $\nu_2 = 11$ мм²/с, коефіцієнт опору входу $\zeta_2 = 1$). Визначити необхідний тиск насоса. Труби гладкі. Трубопровід 1 має шість колін, а трубопровід 2 – три (опір в колінах трубопроводу $\zeta_k = 0,3$).

Побудувати графіки залежності тиску насоса від зміни діаметрів нагнітального та зливного трубопроводів в межах від 10 мм до 15 мм.

Інтервал зміни діаметру прийняти 1 мм. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Тиск насоса визначається за формулою: $P = \rho g(h_1 + h_2 + h_3)$, де h – втрати напору в трубопроводах 1, 2 і радіаторі 3.
2. Середня швидкість рідини: $v = 4Q/\pi d^2$.
3. Число Рейнольдса: $Re = vd/\nu$.
4. Коефіцієнт гідравлічного тертя: $\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$.
5. Втрата опору в трубопроводі 1 і 2 визначається за формулою: $h = (\lambda/d + N\zeta_k + \zeta_s)v^2/2g$, де N – кількість колін в трубопроводі, ζ_s – коефіцієнт опору для відповідної труби.
6. Втрати опору в радіаторі: $h_3 = \zeta v^2/2g$.

ВАРІАНТ №8 (5.2 с. 68)

Визначити діаметр напірної гідролінії об'ємного гідроприводу (коефіцієнт опору коліна $\zeta_k = 0,33$), по якій масло (густина 880 кг/м^3 , кінематична в'язкість $10 \text{ мм}^2/\text{с}$) подається насосом через зворотній гідроклапан (коефіцієнт опору $\zeta_{кл} = 2$) та гідророзподільник (коефіцієнт опору $\zeta_p = 2,5$) у гідроциліндр, якщо загальна довжина гідролінії 7,3 м, втрата тиску в ній 0,1 МПа, подача насоса 94 л/хв. Коефіцієнт опору виходу $\zeta_v = 1$.

Діаметр знайти графоаналітичним способом за допомогою графіка залежності втрат тиску від зміни діаметру в межах від 15 мм до 30 мм. Інтервал зміни діаметру 5 мм. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Використаємо рівняння для простого трубопроводу: $(P_1/\rho g + z_1) - (P_2/\rho g + z_2) = (\lambda/d + \sum \zeta)v^2/2g$. В умовах даної задачі приймаємо $z_1 = z_2$; $P_1 - P_2 = \Delta P$. Звідси знаходимо формулу ΔP .
2. Середня швидкість рідини: $v = 4Q/\pi d^2$.
3. Сума коефіцієнтів місцевих опорів: $\sum \zeta = \zeta_{кл} + 3\zeta_k + \zeta_p + \zeta_v$
4. Число Рейнольдса: $Re = vd/\nu$.
5. Коефіцієнт гідравлічного тертя: $\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$.

ВАРІАНТ №9 (5.9 с. 79)

Насос подає до вузла постійні витрати рідини 30 л/хв по двом ділянкам (діаметр першої – 20 мм, а другої – 32 мм). Нехтуючи втратами тиску на тертя у трубопроводах, побудувати графік залежності витрат рідини через фільтр (коефіцієнт опору $\zeta_\phi = 10$) від коефіцієнту опору вентиля. При якому значенні опору фільтр буде пропускати половину повної витрати?

Побудувати графік залежності витрати рідини Q_1 через фільтр від коефіцієнта опору вентиля ζ_v в межах від 0 до 100 з інтервалом 1. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. При паралельному з'єднанні витрати тиску в обох ділянках трубопроводу однакові: $\zeta_f \rho v_1^2 / 2 = \zeta_v \rho v_2^2 / 2$.
2. Середня швидкість рідини: $v = 4Q / \pi d^2$.
3. Витрати рідини в другій ділянці трубопроводу: $Q_2 = Q - Q_1$.
4. Підставивши формулу (3) в одну із формул (2), а ті в свою чергу підставивши в рівняння (1), отримаємо значення Q_1 , як функцію залежності від ζ_v .
5. Побудувати графік отриманої функції та з його допомогою знайти значення ζ_v , при якому $Q_1 = 0,5Q$.

ВАРІАНТ №10 (6.8 с. 98)

Визначити діаметр отвору в дні бака з квадратною основою розміром 1x1 м, за якого вся рідина, яка налита у бак до рівня 1,5 м, витече з нього за 30 хв. Як зміниться час спорожнення бака, якщо до отвору (коефіцієнт тертя $\lambda = 0,025$, коефіцієнт витрат $\mu = 0,62$) приєднати трубку завдовжки 0,5 м такого самого діаметра? При якій довжині трубки час спорожнення бака буде 15 хв?

Побудувати графік функції залежності часу спорожнення баку через трубку від її довжини в межах від 0 м до 1 м. Інтервал зміни довжини трубки прийняти 0,2 м. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Спочатку знаходимо витрати рідини в початковий момент спорожнення бака: $Q = 2V/T$, де V – об'єм бака.
2. З формули для визначення витрат через отвір знаходимо діаметр отвору: $Q = \mu \pi d^2 (2gh)^{1/2} / 4$.
3. Якщо до отвору буде приєднана вертикальна трубка, то витікання буде відбуватися під початковим напором: $H_1 = H + l$. Наприкінці спорожнення бака напір буде: $H_2 = l$. В такому випадку коефіцієнт опору повинен враховувати також і опір трубки: $\mu = 1 / (1,5 + \lambda l / d)$.
4. Витрата рідини в такому випадку буде: $Q = \mu S (2gH)^{1/2}$, де S – площа основи бака.
5. Час, за який рідина витече з трубки знайдемо за формулою: $T = 2S(H_1^{1/2} - H_2^{1/2}) / \mu S_0 (2g)^{1/2}$, де S_0 – площа перерізу трубки.

6. Аналогічно розрахувати час витoku рідини при інших довжинах трубки і за допомогою графіка визначити, при якій довжині трубки, час повного витoku рідини буде складати 15 хв.

ВАРІАНТ №11 (10.3 с. 141)

Діаметр робочого колеса відцентрового насоса 148 мм, частота обертання 2900 хв⁻¹. Визначте діаметр робочого колеса нового насоса, подібного заданому, що створює при оптимальному режимі напір 7,5 м та подачу 18 л/с. Розрахувати робочу характеристику нового насоса

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Характеристику насоса будуємо за такими даними:

Q , л/с	16,7	22,2	27,8
H , м	25,7	22,8	18,9
η	0,76	0,795	0,77

- При оптимальному режимі ($\eta=0,795$) заданий насос матиме подачу $Q=22,2$ л/с та максимальний напір $H=22,8$ м.
- Частоту обертання шуканого насоса n_1 знайдемо з рівності коефіцієнтів швидкості подібних насосів: $3,65nQ^{1/2}/H^{3/4}=3,65n_1Q_1^{1/2}/H_1^{3/4}$.
- Із співвідношення подібності знаходимо масштаб геометричної подібності: $K_L=(Q_1n/Qn_1)^{1/3}$.
- Діаметр робочого колеса нового насоса: $D_1=K_L D$.
- Характеристику нового насоса отримаємо шляхом перерахунку характеристики заданого насоса за формулами подібності: $H_1=(K_L n_1/n)^{1/2} H$, $Q_1=K_L^3 n_1 Q/n$.
- Побудуємо характеристику нового насоса, шляхом множення подач і напорів заданого на коефіцієнти, отримані в (6).
- На основі характеристик обох насосів побудувати графіки залежності подачі від напору для обох насосів. До графіків додати таблиці характеристик.

ВАРІАНТ №12 (10.7 с. 147)

Відцентровий насос перекачує воду (густина 1000 кг/м³) на висоту 11 м по двох різних трубопроводах: перший (довжина – 10 м, діаметр – 100 мм, тертя – $\lambda_1=0,025$, коефіцієнт опору – $\zeta_1=2$), другий (довжина – 30 м, діаметр – 72 мм, тертя – $\lambda_2=0,027$, коефіцієнт опору – $\zeta_2=12$). Визначити подачу, напір та споживану потужність при частоті обертання колеса насоса 1600 хв⁻¹. При якій частоті обертання його подача збільшить на 50%?

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Характеристика насоса при заданій частоті обертання задана в таблиці:

$Q, \text{ л/с}$	0	4	8	12
$H, \text{ м}$	15	15,5	14	10,3
η	0	0,64	0,75	0,57

2. Записуємо рівняння характеристики насосної установки: $H_n = h + h_1 + h_2$, де $h_i = (\lambda/d + \zeta) 8Q^2 / \pi^2 g d^4$ – напори для першого і другого трубопроводу.
3. Будуємо графіки за характеристикою насоса $H = f(Q)$, $\eta = f(Q)$ та характеристику насосної установки за отриманим рівнянням $H_n = f(Q)$. Точка перетину (А) цих кривих є робочою. Вона визначає подачу (Q), напір (H) та ККД (η) насоса.
4. Споживана потужність: $N = \rho g Q H / \eta$.
5. Знаходимо частоту обертання n_2 , при якій подача насоса збільшується на 50%, тобто стане $Q'' = 1,5Q$. Тоді напір стане H'' , значення якого знайдемо на графіку (B).
6. Через отриману точку (B) проведемо параболу подібних режимів, що задається формулою: $H = kQ^2$, де $k = H'' / (Q'')^2$.
7. Точка перетину (C) проведеної параболи та кривої характеристики насоса $H = f(Q)$ визначає режим при частоті обертання n_2 . Знайдемо значення Q' та H' в цій точці.
8. Для точок (B) та (C), що визначають подібні режими, справедлива формула: $Q''/Q' = n_2/n_1$. Звідси знаходимо n_2 .

ВАРІАНТ №13 (10.9 с. 150)

Два відцентрових насоси працюють паралельно і подають рідину на висоту 15 м по трубопроводу завдовжки 150 м та діаметром 100 мм. Визначити витрати рідини, що подається, якщо коефіцієнт витрат на тертя трубопроводу $\lambda = 0,035$, а сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\zeta = 28$. Як зміняться витрати рідини, при зменшенні частоти обертання одного з насосів на 10%?

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Будуємо характеристику одного насоса $H = f(Q)$, за наступними даними (1):

$Q, \text{ л/с}$	2,8	4	5,5	8,3
$H, \text{ м}$	34,5	32	30,8	24

2. Будуємо сумарну характеристику двох насосів, що працюють паралельно $H = f(2Q)$ (2).

3. Будуємо характеристику насосної установки за формулою: $H_n = h + (\lambda l/d + \zeta) 8Q^2 / \pi^2 g d^4$, як функцію $H_n = f(Q)$. Дані для побудови кривої (3) взяти в межах від 0 л/с до 15 л/с з інтервалом 5 л/с.
4. Абсциса точки (А), що визначається перетином кривих (2) та (3) визначає сумарну подачу двох насосів Q .
5. Перераховуємо характеристику насоса на частоту обертання $n_1 = 0,9n$ за формулами: $Q_1 = Qn_1/n$; $H_1 = H(n_1/n)^2$. За результатами перерахунків будуємо таблицю.
6. За даними таблиці для частоти насосу n_1 , будуємо графік (4).
7. Сумарну характеристику двох однакових насосів (5), один з яких має частоту обертання на 10% меншу, ніж другий, будуємо складанням абсцис кривих (1) та (4). Абсциса точки (A_1), що є перетином кривих (3) та (5) визначає сумарну подачу двох насосів Q_1 у тому випадку, якщо частота одного з них зменшилась на 10%.

ВАРІАНТ №14 (10.10 с. 151)

Відцентровий насос подає воду на висоту 35 м по трубопроводу завдовжки 420 м та діаметром 125 мм. Визначити подачу, напір та споживану потужність, якщо коефіцієнт втрат на тертя $\lambda = 0,033$, а сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\zeta = 23$. Як зміниться подача та напір насоса при максимально припустимому обточуванні робочого колеса?

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Робочу характеристику насоса (1) будуємо за наступними даними:

Q , л/с	8,3	12,5	16,7	19,5
H , м	62	57	50	44,5
η	0,544	0,635	0,663	0,63

2. Характеристику насосної установки (2) будуємо за даними, що обчислені за формулою: $H_n = h + (\lambda l/d + \zeta) 8Q^2 / \pi^2 g d^4$, як функцію $H_n = f(Q)$.
3. Точка перетину (А) кривих (1) і (2) це робоча точка, в якій знаходимо подачу Q , напір H та ККД η .
4. Знаходимо коефіцієнт швидкості при максимально допустимій обточці колеса: $n_s = 3,65nQ^{1/2} / H^{3/4}$, де $n = 2900$. Q і H взяти з таблиці при максимальному ККД.
5. Згідно n_s обираємо припустиму обточку робочого колеса. В даному випадку прийняти 18%. Тоді характеристику насоса розраховуємо за формулами: $Q' = Q(D'/D)$, $H' = H(D'/D)^2$, де D – початковий діаметр робочого колеса; D' – діаметр обточеного колеса, який на 18% менший від D .

6. На основі першої таблиці будуємо таблицю характеристики для Q' і H' . За цими даними будується графік (3). Знаходимо нову робочу точку (A_1), на перетині з (2). В ній визначаємо напір H_1 та подачу Q_1 .

ВАРІАНТ №15 (10.11 с. 152)

З резервуара з постійним рівнем вода подається відцентровим насосом у бак, з якого вона забирається в кількості 3 л/с. Отвір забірної труби знаходиться на висоті 10 м над поверхнею води у резервуарі. Визначити подачу та напір насоса у початковий момент роботи насоса, коли рівень води у баку розташовується на висоті 10 м. До якого найбільшого рівня може піднятися вода в баку? Якими будуть у цей момент подача та напір насоса? Сумарний коефіцієнт опору трубопроводу $(\lambda/d+\zeta)=15,1$, діаметр 100 мм.

Характеристика насоса:

$Q, \text{ л/с}$	0	2	4	6	8	10
$H, \text{ м}$	11	11,7	12	12,5	10,5	9

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Характеристика мережі будується за рівнянням: $H_n = h + (\lambda/d + \zeta) 8Q^2 / \pi^2 g d^4$.
2. Розраховуємо H_n для подачі в межах від 0 л/с до 8 л/с з інтервалом 2 л/с.
3. Будуємо графіки характеристики насоса $H=f(Q)$ та насосної установки $H_n=f(Q)$. Знаходимо робочу точку (А) на їх перетині. Координати цієї точки це подача насоса та його напір у початковий момент.
4. Найвищий рівень води буде тоді, коли крива насосної установки буде торкатися кривої насоса в деякій точці (В). Знайти цю точку на графіку і визначити в ній значення Q' та H' . Ця точка, це максимум графіку.
5. Підставити знайдені значення в рівняння характеристики мережі, та знайти звідти значення h' , що і буде максимально можливим рівнем води.

ВАРІАНТ №16 (11.9 с. 173)

Поршневий насос односторонньої дії з робочим об'ємом 7,2 л подає воду (густина 1000 кг/м^3) на висоту 25 м по трубопроводу довжиною 420 м та діаметром 100 мм. Визначити подачу та напір насоса, якщо частота обертання 60 хв^{-1} , коефіцієнт гідравлічного тертя трубопроводу $\lambda=0,03$, сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\zeta=24$, а характеристика насоса задається рівнянням $Q=V_0 n - 0,03P/\rho g$, де P – тиск насоса. Як необхідно змінити частоту обертання валу насоса, щоб зменшити його подачу на 30%?

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Для побудови робочої характеристики насоса підрахуємо його подачу Q при різних тисках, а саме при $P=0$ МПа та $P=0,3$ МПа. За отриманими даними будемо графік функції $P=f(Q)$.
2. Будемо характеристику насосної установки за формулою: $P'=\rho gh+(\lambda l/d+\zeta)8\rho Q^2/\pi^2 d^4$.
3. Будемо графік $P'=f(Q)$, задавши зміну подачі в межах від 0 л/с до 7,5 л/с з інтервалом 2,5 л/с.
4. Точка (А) перетину характеристики насоса та насосної установки визначає режим роботи насоса. Її координати це шукана подача Q та тиск P .
5. На кривій $P'=f(Q)$, знаходимо точку (A_1), яка відповідає витратам $Q_1=0,7Q$ та тиску P_1 .
6. З рівняння характеристики насоса, що наведено в умові знайти частоту обертання n_1 , за якої подача зменшиться на 30%.

ВАРІАНТ №17 (12.2 с. 180)

Побудувати залежність подачі шестеренного насоса від частоти обертання для трьох значень протитиску (0, 10 МПа та 20 МПа), а також залежність подачі від тиску при $n=1440$ хв⁻¹, приймаючи витікання пропорційним протитискам (коефіцієнт пропорційності $k=0,5 \times 10^{-8}$ л/сПа). Ширина шестерні $b=31,85$ мм, діаметр кола виступів $D=48$ мм, кількість зубців $z=10$.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Знаходимо модуль зчеплення, робочий об'єм та ідеальну подачу насоса: $m=D/(z+2)$; $V_0=2\pi m^2 z b$; $Q_i=V_0 n$.
2. Подача насоса: $Q=Q_i-kP$.
3. Будемо залежність $Q=f(P)$ при $n=1440$ хв⁻¹ для трьох заданих P в умові задачі.
4. Для побудови залежності $Q=f(n)$ скористаємося формулою: $Q=V_0 n-kP$. Будемо три графіка для кожного значення P_i . Частоти для розрахунків використовуємо 200, 750 і 1500 хв⁻¹.
5. За результатами розрахунків будемо таблицю.

$n, \text{хв}^{-1}$	$Q, \text{л/с}$ при $P_1=0$ МПа	$Q, \text{л/с}$ при $P_2=10$ МПа	$Q, \text{л/с}$ при $P_3=20$ МПа
200			
750			
1500			

ВАРІАНТ №18 (13.7 с. 199)

У гідроприводі з машинним керуванням застосований регульований аксіально-поршневий насос (кількість поршнів – $z=7$, діаметри поршнів – $d=15$ мм, діаметри кола центрів циліндра – $D=40$ мм, частота обертання – $n=960$ хв⁻¹). Побудувати графік залежності зміни швидкості від кута γ , якщо діаметр циліндра 80 мм, діаметр штока 40 мм. Кут γ змінюється від 0 до 30°, з інтервалом 5°.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Робочий об'єм насоса знаходимо за формулою: $V_0 = \pi d^2 D z t g \gamma / 4$.
2. Ідеальна подача насоса: $Q_i = V_0 n$.
3. Швидкість переміщення поршня гідроциліндра: $v_n = 4 Q_i / \pi (D_1^2 - D_2^2)$.
4. Будуємо графік $v_n = f(\gamma)$.

ВАРІАНТ №19 (13.8 с. 200)

Визначити ККД об'ємного гідроприводу обертального руху, насос якого розвиває тиск 9,5 МПа, а аксіально-поршневий гідромотор має характеристики, що наведені в таблиці. Характеристика напірної лінії теж наведені в таблиці. Втрати тиску у місцевих опорах трубопроводів прийняти рівними 90% втрат тиску на тертя, а втратами тиску у всмоктувальній гідролінії знехтувати.

Вхідні дані:

P	9,5	МПа	тиск насоса
n	1100	хв ⁻¹	частота обертання гідромотора
d	16	мм	діаметри циліндрів
z	12	–	кількість циліндрів
D	82	мм	діаметр кола центрів циліндрів
γ	20	°	кут нахилу диска
η_0	0,85	–	механічний ККД
l_1	6	м	довжина напірної гідролінії
d_1	21	мм	діаметр напірної гідролінії
l_2	9	м	довжина зливної гідролінії
d_2	33	мм	діаметр напірної гідролінії
ρ	890	кг/м ³	густина робочої рідини
ν	30	мм ² /с	кінематична в'язкість робочої рідини
η_n	0,8	–	ККД насоса
Q	1,2	л/с	подача насоса, при заданому тиску

Побудувати графіки залежності втрати тиску від подачі насоса в межах від 0 л/с до 2 л/с. Інтервал зміни подачі вибрати 0,2 л/с. До графіків додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Знаходимо швидкість в обох гідролініях за формулою: $v=4Q/\pi d^2$.
2. Число Рейнольдса: $Re=vd/\nu$.
3. Тертя в трубопроводі: $\lambda=0,3164/Re^{0,25}$.
4. Втрата тиску на тертя в трубопроводі: $\Delta P=\lambda\rho v^2/2d$.
5. Дані заносимо у таблицю. Вираховуємо сумарні витрати: $\Delta P_c=\Delta P_1+\Delta P_2$.

Гідролінія	Q, л/с	d, мм	v, м/с	Re	λ	ΔP
Напірна						
Зливна						

6. Повні витрати з урахуванням втрат у місцевих опорах: $\Delta P=1,9\Delta P_c$.
7. Знаходимо перепад тисків у гідромоторі: $\Delta P_{зм}=P-\Delta P$.
8. Знаходимо робочий об'єм гідромотора: $V_0=\pi d^2 D z t g \gamma /4$.
9. Знаходимо крутний момент гідроприводу: $M=V_0 \Delta P_{зм} \eta_0 /2\pi$.
10. Визначаємо корисну потужність на валу гідромотора: $N_k=M\omega$, де $\omega=2\pi n$ – кутова швидкість обертання валу.
11. Споживана потужність насоса: $N=PQ/\eta_n$.
12. ККД гідроприводу: $\eta=N_k/N$.

ВАРІАНТ №20 (5.10 с. 80)

Система змащування одного з двигунів внутрішнього згорання складається з шестеренчастого насоса, фільтра, масляного радіатора та трьох трубопроводів. Визначити подачу та тиск насоса.

l_1	1,2	м	довжина першого трубопроводу
d_1	8	мм	діаметр першого трубопроводу
l_2	0,2	м	довжина другого трубопроводу
d_2	3	мм	діаметр другого трубопроводу
l_3	2,7	м	довжина третього трубопроводу
d_3	6	мм	діаметр третього трубопроводу
ζ_ϕ	10	–	коефіцієнт опору фільтру
ζ_p	5	–	коефіцієнт опору радіатора
ρ	895	кг/м ³	густина мастила
ν	10	мм ³ /с	кінематична в'язкість мастила
Q_0	20	см ³ /с	об'ємі витрати на кожен підшипник
ΔP	852	кПа	втрати тиску в підшипнику

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Тиск у масляній магістралі дорівнює: $P = \Delta P + \Delta P_2$.
2. Втрати тиску на тертя в 2-му трубопроводі: $\Delta P_2 = \lambda_2 l_2 \rho v_2^2 / 2d_2$.
3. Середня швидкість рідини в другому трубопроводі: $v_2 = 4Q_0 / \pi d_2^2$.
4. Число Рейнольдса: $Re_2 = v_2 d_2 / \nu$.
5. Тертя в 2-му трубопроводі: $\lambda_2 = 64 / Re_2$.
6. Тиск у початковому перерізі першого трубопроводу: $P_1 = P + \Delta P_1$, де ΔP_1 – втрата тиску в першому трубопроводі.
7. Для знаходження ΔP_1 потрібно визначити швидкість рідини в першому трубопроводі: $v_1 = 4Q_1 / \pi d_1^2$, де витрата рідини в першому трубопроводі: $Q_1 = 3Q_0$. Число Рейнольдса і тертя знаходимо за тими ж формулами, що і для другого трубопроводу, підставляючи відповідні значення.
8. Знаходимо ΔP_1 за формулою: $\Delta P_1 = (\lambda_1 l_1 / d_1 + \zeta_{\phi}) \rho v_1^2 / 2$.
9. Витрати мастила через масляний фільтр Q_3 визначаємо з рівняння Бернуллі: $P_1 = (\lambda_3 l_3 / d_3 + \zeta_p) 8 \rho Q_3^2 / \pi^2 d_3^4$.
10. Приймаємо початкове значення $\lambda_1 = 0,036$ і для нього визначаємо витрати рідини в масляному фільтрі Q_3 .
11. Після цього визначаємо швидкість рідини в масляному фільтрі, число Рейнольдса і тертя в ньому. Тертя визначаємо за формулою: $\lambda_3 = 0,3164 / Re_3^{1/4}$.
12. Перевіряємо, чи співпадає отримане значення тертя з прийнятим. Якщо різниця менше 0,001, то вважаємо, що тертя прийняте правильно і значення витрат уточнювати не треба. Якщо різниця значна, то наближаємо значення тертя до отриманого і повторюємо розрахунки.
13. Розраховуємо подачу насоса за формулою: $Q = Q_1 + Q_3$.

ВАРІАНТ №21 (6.9 с. 99)

Нафта витікає з циліндричного бака діаметром $D = 1,5$ м через отвір у дні діаметром $d = 32$ мм. Початковий напір $H_1 = 2$ м. Визначити час, за який з бака витече половина нафти. Як зміниться час витікання цього самого об'єму рідини, якщо до отвору буде приєднана горизонтальна трубка завдовжки $l = 7$ м такого ж діаметра? Відстань осі трубки від дна бака $z = 0,2$ м. Кінематична в'язкість нафти – $\nu = 140$ мм²/с.

Побудувати графік функції залежності часу спорожнення баку через трубку від її довжини в межах від 5 м до 10 м. Інтервал зміни довжини трубки прийняти 0,5 м. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Для визначення коефіцієнта витрат отвору знаходимо числа Рейнольдса при опорах H_1 та $H_2 = 0,5H_1$. $Re = d(2gH)^{1/2} / \nu$.

- З графіку знаходимо коефіцієнти витрат: $\mu_1 = \mu_2 = 0,68$.
- Час, за який з бака через отвір у дні витече половина об'єму нафти знаходимо за формулою: $T_0 = 2S(H_1^{1/2} - H_2^{1/2}) / \mu S_0 (2g)^{1/2}$.
- Знайдемо значення напору, нижче якого режим руху буде ламінарний: $H_{кр} = 32 \nu^2 / 300 / g d^3$.
- Початковий напір в момент витікання: $H_1' = H_1 + z$. Якщо $H_1' < H_{кр}$, то рух приймаємо за ламінарний.
- З рівняння Бернуллі отримуємо: $h = 128 \nu Q / \pi g d^4$, де h – змінний напір. З цього рівняння визначаємо об'єм випорожненої рідини Q .
- Нехай за нескінченно малий відрізок часу dT напір зменшиться на нескінченно малу величину dh . Об'єм рідини, що витече з бака за цей час: $dV = QdT = -Sdh$. Підставляємо в рівняння значення Q та S , і приводимо до вигляду $dT = \dots dh$.
- Виконуємо інтегрування в межах від H_1' до $H_2' = 0,5H_1'$. В результаті отримуємо час, за який витече половина нафти через трубку.

ВАРІАНТ №22 (6.10 с. 101)

З зачиненого бака завдовжки $L=0,7$ м, завширшки $B=0,5$ м та заввишки $H=0,4$ м бензин (густина $\rho=700$ кг/м³) витікає у атмосферу через трубку діаметром $d_2=40$ мм, сумарний коефіцієнт опору якої $\zeta_2=4$. Повітря (густина $\rho_p=1,23$ кг/м³) надходить у верхню частину бака через трубку діаметром $d_1=10$ мм, сумарний коефіцієнт опору якої $\zeta_1=5$. Визначити час спорожнення бака, якщо у початковий момент він був заповнений доверху. Яким би був час спорожнення такого самого відкритого бака?

Побудувати графіки функцій залежності часу спорожнення бака через отвір від його діаметру в межах від 25 мм до 50 мм. Інтервал зміни діаметра отвору прийняти 5 мм. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

- Співвідношення із рівняння Бернуллі для трубки, через яку надходить повітря: $p_a / \rho_p g - p_a / \rho_p g = (1 + \zeta_1) v_1^2 / 2g$.
- Співвідношення із рівняння Бернуллі для трубки, через яку витікає бензин: $h - (p_a / \rho_p g - p_a / \rho_p g) = (1 + \zeta_2) v_2^2 / 2g$.
- В співвідношенні (2) дужки замінити правою частиною із співвідношення (1).
- З рівняння нерозривності руху маємо: $v_1 = v_2 S_2 / S_1 = v_2 (d_2 / d_1)^2$.
- Підставити v_1 у вираз (2), звідки знайти v_2 .
- Витрати бензину при напорі h : $Q = S_2 v_2$.
- З диференціального рівняння процесу витікання при змінному напорі знаходимо час витікання: $QdT = -Sdh$, де S – площа основи бака.

8. Підставити значення замість Q , та інтегрувати в межах від $h_1=H$, до $h_2=0$. Таким чином отримаємо час повного спорожнення бака.
9. Якщо бак відкритий, то його спорожнення знайдемо за формулою: $T_1=2SH^{1/2}/\mu S_0(2g)^{1/2}$, де $\mu=1/(1+\zeta_2)^{1/2}$, а S_0 – площа перерізу трубки, через яку витікає бензин.

ВАРІАНТ №23 (6.11 с. 102)

Циліндрична діжка радіусом $R=0,3$ м та висотою $H=1$ м заповнена бензином, тиск на вільній поверхні якого дорівнює атмосферному. Визначте час спорожнення діжки через отвір діаметром $d=20$ мм у боковій стінці при горизонтальному її положенні. Яким буде час спорожнення діжки через той же отвір у дні при вертикальному її положенні? Коефіцієнт витрат опору $\mu=0,62$.

Побудувати графік функції залежності часу спорожнення діжки через отвір від його діаметру в межах від 10 мм до 30 мм. Інтервал зміни діаметра отвору прийняти 2 мм. До графіку додати таблицю результатів.

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Об'єм рідини, що витікла за нескінченно малий проміжок часу dT : $dV=-Sdz$, де S – площа дзеркальної поверхні.
2. З іншого боку, цей же об'єм: $dV=QdT=\mu S_0(2gz)^{1/2}dT$, де S_0 – площа отвору.
3. Прирівнюємо рівняння (1) і (2), та знаходимо з них dT .
4. Знайдемо площу дзеркала вільної поверхні рідини у діжці, як функцію від z : $S=2H(2Rz-z^2)^{1/2}$.
5. Підставляємо (4) в з (3) та інтегруємо в межах від $2R$ до 0 . Отримуємо час повного витікання бензину з діжки в горизонтальному положенні.
6. При вертикальному положенні діжки час її спорожнення знайти за формулою: $T=2SH^{1/2}/\mu S_0(2g)^{1/2}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пелевін Л.Є. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Навчальний посібник / Л.Є. Пелевін. – К: Укрархбудінформ, 1999. – 260 с.
2. Макаров Е.Г. MathCAD учебный курс / Е.Г. Макаров. – СПб.: Питер, 2009. – 384 с.

Навчально-методичне видання

МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ
РОБІТ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА НАПРЯМОМ
ПІДГОТОВКИ 6.050502 «ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА»

Укладач: **БОРОДАВКА** Євгеній Володимирович

Редагування та коректура **Г.Є. Голіциної**

Комп'ютерна верстка **О.В. Кириченка**

Підписано до друку Формат 60x84_{1/16}.

Ум. друк. арк. 1,98. Облік.-вид. арк. 1,25.

Тираж **75** прим. Вид. № 21/І-10. Зам. №

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mail: red-isdat@knuba.edu.ua

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК №808 від 13.02.2002 р.