

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

О.К. НІКІТІН, Т.О. ТОЛОЧКО

Методи та засоби вимірювання параметрів технологічних процесів

Домашня контрольна робота

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім.Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою “Комп’ютерно-інтегровані технології
проектування приладів”
спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

Рецензенти *Шевченко В.В.*, канд. техн. наук, доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Сокурєнко В.М., канд. техн. наук, доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний

Редактор *Киричук Ю.В.*, д-р техн. наук, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 1 від 16.09.2021р.)
за поданням Вченої ради Приладобудівного факультету (протокол № 6/21 від 29.06.2021р.)*

Електронне мережне навчальне видання

*Нікітін Олександр Костянтинович, канд. техн. наук, доцент,
Толочко Татяна Олексіївна*

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

ДОМАШНЯ КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Методи та засоби вимірювання параметрів технологічних процесів: Домашня контрольна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” / О.К. Нікітін, Т.О. Толочко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,44 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 46 с.

Навчальний посібник містить матеріали для успішного виконання домашньої контрольної роботи (ДКР) з дисципліни “Методи та засоби вимірювання параметрів технологічних процесів”. Питання ДКР охоплюють всі теми, що входять в програму другого кредитного модуля цієї дисципліни. Посібник містить досить докладні рекомендації з виконання кожного з питань. Для правильного оформлення матеріалів ДКР наведені вимоги до оформлення текстового і графічного матеріалу.

Навчальний посібник призначений для студентів, які навчаються на четвертому курсі за освітньо-професійною програмою “Комп’ютерно-інтегровані технології проектування приладів” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Крім того, наведений матеріал можуть бути використані студентами при підготовці і інших самостійних і кваліфікаційних робіт, а саме дипломних проектів і магістерських дисертацій.

© О. К. Нікітін, Т. О. Толочко, 2021

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

Перелік термінів, їх визначень, скорочень та умовних позначень.....	5
Вступ	7
1. Структура ДКР	8
2. Завдання на ДКР.....	9
2.1. Завдання №1	9
2.2. Завдання №2	10
2.3. Завдання №3	14
2.4. Завдання №4	16
2.5. Завдання №5	17
2.6. Завдання №6	17
2.7. Завдання №7	21
3. Правила оформлення ДКР	23
3.1. Загальні правила оформлення текстової частини ДКР.....	23
3.2. Титульний аркуш ДКР	28
3.3. Завдання на ДКР	29
3.4. Зміст ДКР	29
3.5. Перелік умовних позначень.....	30
3.6. Перелік використаних джерел	30
3.7. Окремі вимоги до кресленника звужуючого пристрою.....	30
Рекомендована література	32
Додаток А. Таблиця №1	33
Додаток Б. Таблиця №2.....	34
Додаток В. Таблиця №3	35
Додаток Г. Таблиця №4.....	36
Додаток Д. Основні написи та додаткові графи для креслеників, схем та текстових конструкторських документів.....	37
Додаток Ж. Форма титульного аркушу ДКР	42
Додаток К. Форма завдання на домашню контрольну роботу	43

Додаток Л. Приклади оформлення бібліографічних описів використаних джерел	44
Додаток М. Приклад кресленика звужуючого пристрою	46

Перелік термінів, їх визначень, скорочень та умовних позначень

Текстовий (конструкторський) документ – конструкторський документ, що містить переважно суцільний текст.

Вимірювальний перетворювач – вимірювальний пристрій, що реалізує вимірювальне перетворення.

Первинний вимірювальний перетворювач – вимірювальний перетворювач, який першим взаємодіє з об'єктом вимірювання.

Вимірювальний прилад – засіб вимірювань, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації.

Розрахунок – текстовий документ, що містить алгоритм і (або) результати обчислювання параметрів і величин.

Кресленик деталі – кресленик, що містить зображення деталі та інші дані, згідно з якими її виготовляють і контролюють.

ДКР – домашня контрольна робота.

D, d – діаметр;

v – швидкість;

S – площа;

ρ – густина;

Re – характеристичне число Рейнольдса;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості;

P – тиск;

$\Delta P = P_1 - P_2$ – різниця тисків;

q_v – об'єм;

α – коефіцієнт витрат;

m – відносна площа звужуючого пристрою;

R, r – радіус;

β – коефіцієнт опору;

G – вага;

F_g – сила динамічного тиску;

F_A – сила Архімеда;

l, x – довжина;

H, h – висота;

n – показник частини ваги;

ε_e – відносна деформація;

b – ширина балки;

h – товщина балки;

g – прискорення вільного падіння;

V – об'єм;

σ – нормальна напруження;

W – момент опору;

E – модуль пружності матеріалу;

M – момент сил;

J_z – момент інерції поперечного перерізу балки відносно осі z ;

t – час.

Вступ

Домашня контрольна робота (ДКР) є обов'язковою складовою програми кредитного модуля «Методи та засоби вимірювання параметрів технологічних процесів-2». Вона не передбачає окремої залікової відомості, але невиконання студентом ДКР є підставою не допуску студента до екзамену.

Основою ДКР є сім завдань, орієнтованих на відповідні теми кредитного модуля. Кожне завдання має текст завдання і вихідні числові дані. Після кожного завдання наведені методичні рекомендації по виконанню відповідного завдання.

В даних методичних рекомендаціях наведені матеріали по структурі ДКР та основних правилах її оформлення. Правила оформлення ДКР співпадають з правилами оформлення текстових матеріалів дипломного проекту бакалавра тому бажано, щоб студенти ці правила засвоювали і в певній мірі використовували.

В рамках рейтингової системи оцінювання ДКР встановлюється слідуюча максимальна бальна оцінка вірно виконаних завдань:

- перше завдання – 6 балів;
- друге завдання – 6 балів;
- третє завдання – 6 балів;
- четверте завдання – 3 бала;
- п'яте завдання – 3 бала;
- шосте завдання – 7 балів;
- сьоме завдання – 6 балів.

Загальна сума балів дорівнює 37. Це максимальна сума балів за ДКР.

Оцінка виконаних контрольних завдань, в залежності від якості їх виконання, може складати (0 . . . 6), (0 . . . 7) та (0 . . . 3) балів.

ДКР буде зарахована при умові, що загальна сума балів буде дорівнювати не менше 21 бала.

Для довідки: рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 68 балів складає стартова шкала (max). Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- наявність регулярного зв'язку з викладачем – 27 балів максимум;
- написання контрольних робіт – максимум 4 бала;
- ДКР – 37 балів максимум.

Умовою допуску до екзамену є зарахування ДКР та участь в написанні контрольних робіт.

1. Структура ДКР

Домашня контрольна робота має містити:

- титульний аркуш;
- завдання на ДКР;
- зміст;
- перелік умовних позначень фізичних величин, що використані в роботі;
- завдання №1;
- завдання №2;
- завдання №3;
- завдання №4;
- завдання №5;
- завдання №6;
- завдання №7;
- список використаних джерел;
- додаток А – кресленик звужуючого пристрою.

2. Завдання на ДКР

2.1. Завдання №1

Завдання відноситься до теми «Параметри потоків суцільних середовищ».

Використовуючи рівняння нерозривності потоку і формулу по визначенню характеристичного числа Рейнольдса визначити режим течії рідини у другій ділянці трубопроводу.

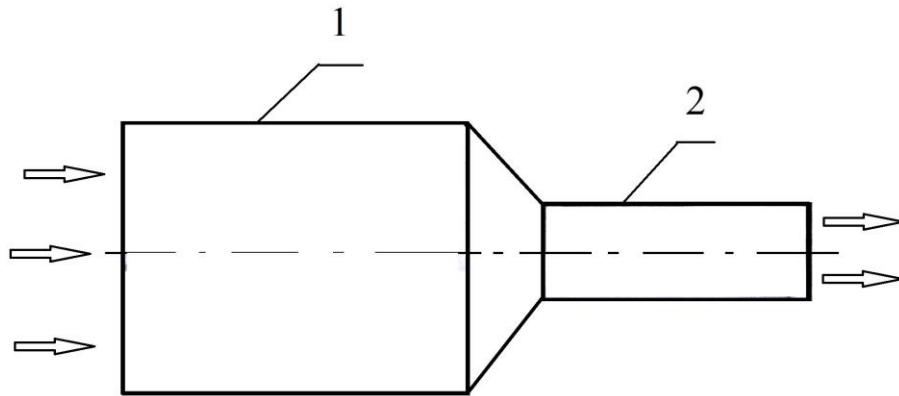


Рисунок 1.1. Фрагмент трубопроводу

Дано:

- Внутрішній діаметр першої ділянки трубопроводу

$$D_1 = (30 + n) \text{ мм.}$$

- Внутрішній діаметр другої ділянки трубопроводу

$$D_2 = (15 + n) \text{ мм.}$$

- Швидкість рідини в першій ділянці трубопроводу

$$v_1 = 0,1 \cdot (1 + n) \text{ м/с.}$$

- Рідина – дивись додаток А стовпчик 2.

Методичні рекомендації до виконання завдання №1

Рівняння нерозривності потоку рідини має вигляд:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2, \quad (1.1)$$

де v_1 – середня швидкість потоку рідини в границях першої ділянки трубопроводу один (див. рис. 1);

v_2 – середня швидкість потоку рідини в границях другої ділянки трубопроводу;

S_1 – площа поперечного перерізу першої ділянки трубопроводу;

S_2 – площа поперечного перерізу другої ділянки трубопроводу.

Характеристичне число Рейнольдса визначається за формулою:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}, \quad (1.2)$$

де Re – умовне позначення характеристичного числа Рейнольда;

ρ – густина рідини;

v – середня швидкість рідини в трубопроводі;

d – внутрішній діаметр трубопроводу;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини.

Розрізняють два режими течії рідини.

- ламінарний ($Re \leq 2300$);
- турбулентний ($Re > 2300$).

2.2. Завдання №2

Завдання відноситься до теми «Витратоміри із звужуючими пристроями».

В рамках цього завдання необхідно:

а) Побудувати принципову схему витратоміра із звужуючим пристроєм з урахуванням заданих умов.

б) Побудувати графік залежності різниці тисків $\Delta P = P_1 - P_2$ від об'ємної витрати q_v з урахуванням заданих умов.

в) Виконати креслення заданого звужуючого пристрою (діафрагми, сопла, трубки Вентурі та інших).

Дано:

- Вид звужуючого пристрою (додаток А, стовпчик №4).
- Коефіцієнт витрат α (додаток А, стовпчик №3).
- Відносна площа звужуючого пристрою m (додаток А, стовпчик №5).
- Внутрішній діаметр трубопроводу D (додаток А, стовпчик №6).
- Середня швидкість потоку рідини в трубопроводі v_{cp} (додаток А, стовпчик №7).
- Метод відбору тисків (додаток А, стовпчик №8).

Методичні рекомендації до виконання завдання №2

Загальна принципова схема витратоміра зі звужуючим пристроєм наведена на рисунку 2.1.

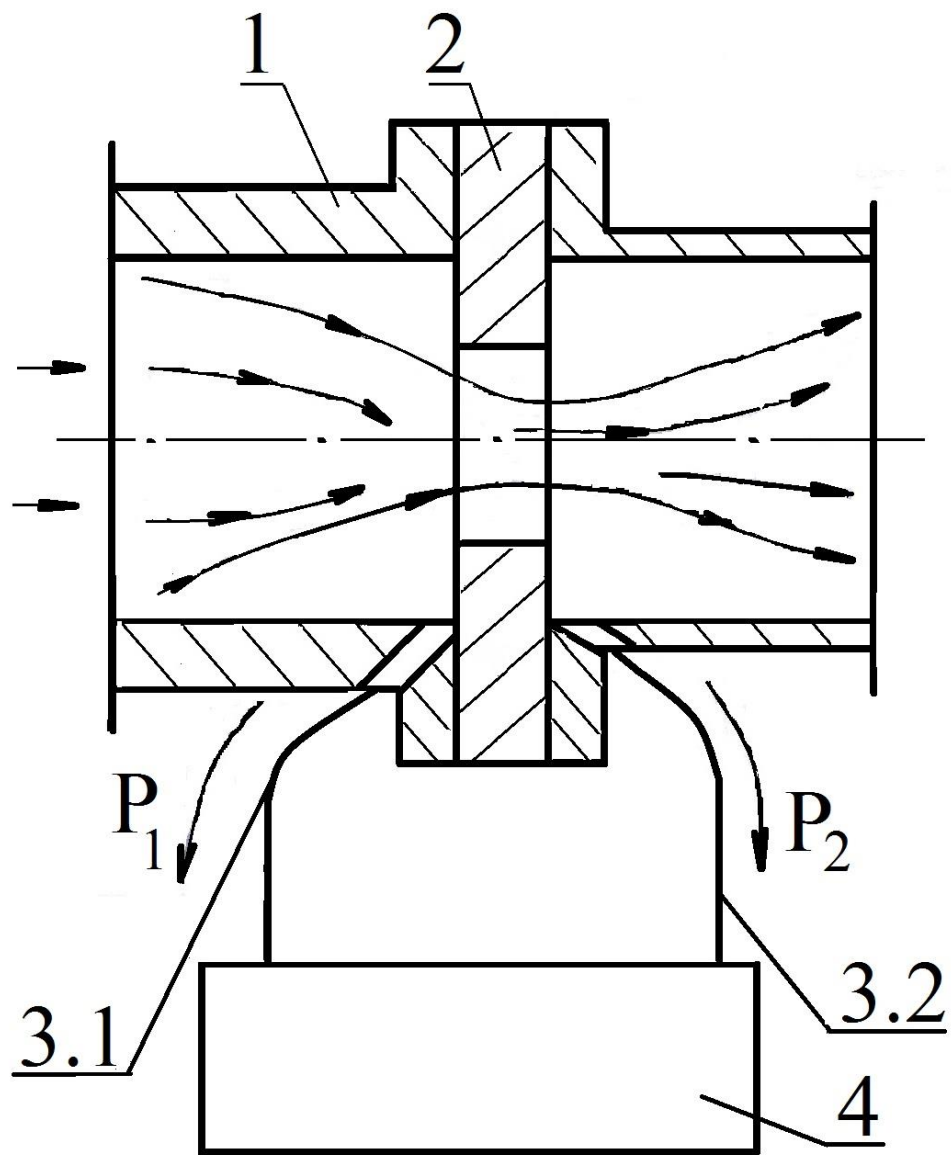


Рисунок 2.1. – Загальна принципова схема витратоміра зі звужуючим пристроєм: 1 – трубопровід; 2 – звужуючий пристрій (діафрагма); 3.1, 3.2 – індикаторні трубки; 4 – дифманометр

На схемі відтворено кутовий точковий метод відбору тиску.

Зв'язок між об'ємною витратою рідини в трубопроводі, середньою швидкістю рідини і площею поперечного перерізу трубопроводу має вигляд:

$$q_v = v_{cp} \cdot S, \quad (2.1)$$

де q_v – об'ємна витрата;

v_{cp} – середня швидкість рідини в трубопроводі;

S – площа поперечного перерізу трубопроводу.

Зв'язок між об'ємною витратою і різницею тисків має вигляд:

$$q_v = \alpha \cdot S_0 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}, \quad (2.2)$$

де α – коефіцієнт витрат;

S_0 – площа отвору у звужуючому пристрої;

$P_1 - P_2 = \Delta P$ – різниця тисків;

ρ – густина рідини.

Графік, який необхідно побудувати, повинен мати вигляд наведений на рисунку 2.2

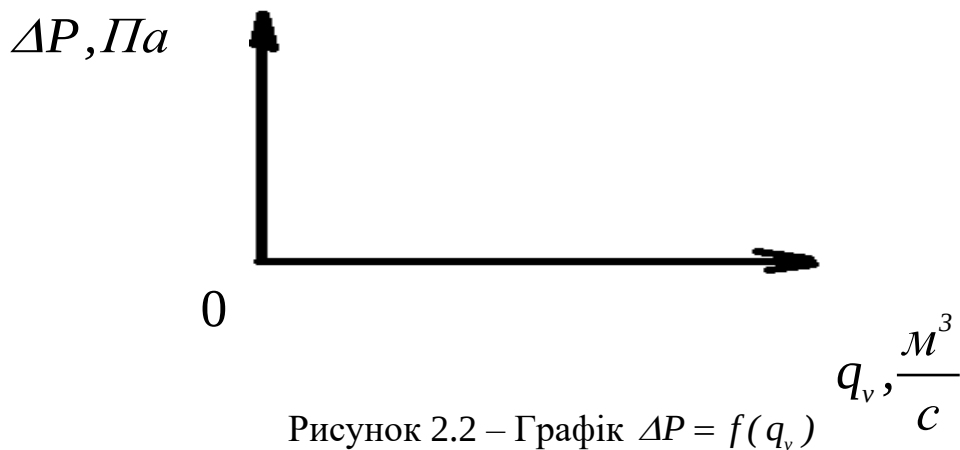


Рисунок 2.2 – Графік $\Delta P = f(q_v)$

Приклад кресленика звужуючого пристрою – сопла «1/4 круга» наведено в додатку М.

Розрізняють наступні методи відбору тисків [4 стр. 161, 162].

- кутовий точечний (КТ);
- кутовий камерний (КК);
- фланцевий точечний (ФТ);
- фланцевий камерний (ФК);
- радіальний точечний (РТ);
- радіальний камерний (РК);
- точечний (Т);
- камерний (К).

Відмінність ФТ і ФК від КТ і КК міститься у тому, що отвори для відбору тисків знаходяться на відстані 25мм від звужуючого пристрою.

Відмінність РТ і РК від КТ і КК міститься в тому, що отвори для відбору тиску P_1 знаходяться на відстані D від передньої площини звужуючого пристрою, а отвір для відбору тиску P_2 знаходиться на відстані $\frac{D}{2}$ від задньої площини звужуючого пристрою. D – це внутрішній діаметр трубопроводу.

При використанні трубки Вентурі чи тіла Вентурі відбір тиску P_1 йде перед трубкою і тілом, а відбір тиску P_2 йде з самої звуженої частини потоку.

2.3. Завдання №3

Завдання відноситься до процесів взаємодії вільних твердих тіл і вільних вертикальних потоків повітря.

Текст завдання: Побудувати графік залежності внутрішнього радіусу кулі від швидкості вертикального (знизу догори) потоку повітря. Куля показана на рисунку 3.1.

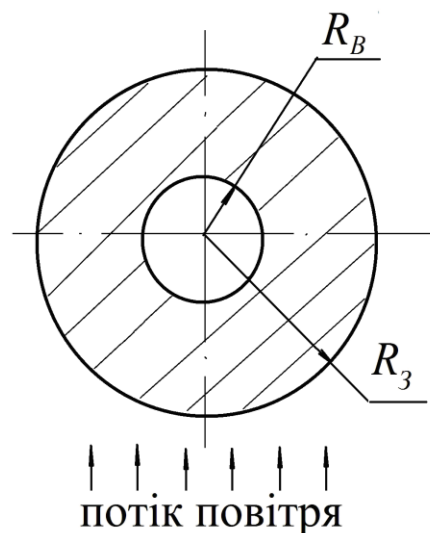


Рисунок 3.1 – Куля в потоці повітря; R_B – внутрішній радіус кулі;

R_3 – зовнішній радіус кулі

Швидкість потоку повітря зменшується від V_{max} до $0,1 \cdot V_{max}$. Куля, незалежно від швидкості потоку, повинна залишатися нерухомою і не змінювати свого вертикального положення. Зовнішній радіус кулі залишається незмінним.

Дано:

- Зовнішній радіус кулі R_z (додаток Б стовпчик №2);
- Коефіцієнт опору β (додаток Б стовпчик №3);
- Густина матеріалу кулі ρ_k (додаток Б стовпчик №4);

Методичні рекомендації до виконання завдання №3

1. Визначити швидкість повітря, при якій суцільна куля буде нерухома в потоці повітря. Цю швидкість позначаємо V_{max} .

2. Далі визначаємо масу нерухомої кулі при швидкості потоку, що дорівнює $0,9 \cdot V_{max}$.

3. Визначаємо об'єм кулевої порожнини в кулі, яка забезпечує необхідну масу кулі (дивись пункт 2), і визначаємо внутрішній радіус цієї порожнини.

4. Проводимо аналогічні визначення маси кулі і відповідно радіусу порожнини для швидкостей, що дорівнюють відповідно $0,8 \cdot V_{max}$, $0,7 \cdot V_{max}$... $0,1 \cdot V_{max}$.

5. Отримані дані використовуємо для побудови графіка виду, що наведено на рисунку 3.2

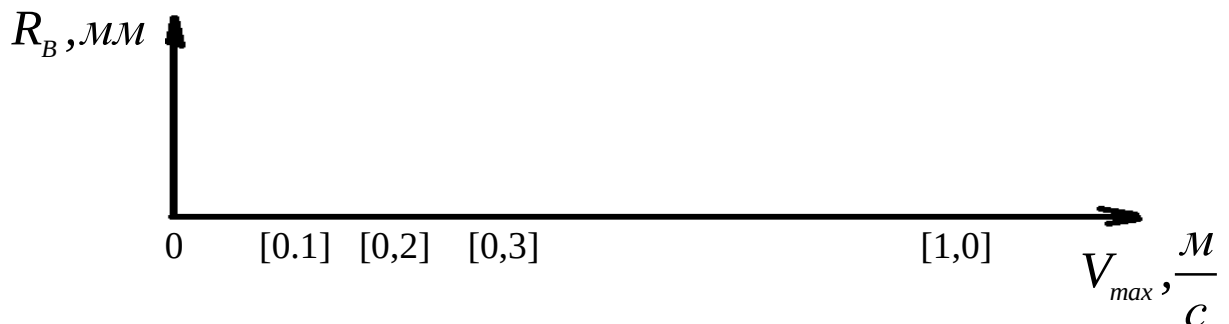


Рисунок 3.2 – Форма графіка

6. Перша точка графіка буде лежати на осі абсцис на відмітці $1,0 \cdot V_{max}$. Інші точки будуть мати відповідні координати виду $(0,8 \cdot V_{max} - R_B)$.

Примітка: При рішенні цього завдання слід виходити з умов рівноваги кулі в повітрі. Основними силами, що діють на кулю в потоці повітря є:

- вага кулі – G ;
- сила динамічного тиску – F_∂ ;
- сила Архімеда – F_A .

Сила динамічного тиску F_∂ дорівнює:

$$F_\partial = \frac{\beta \cdot \rho_{\pi} \cdot V^2 \cdot \pi \cdot R_3^2}{2}, \quad (3.1)$$

де β – коефіцієнт опору;

ρ_{π} – густина повітря;

V – швидкість повітря;

R_3 – зовнішній радіус кулі.

2.4. Завдання №4

Завдання відноситься до огляду засобів вимірювання витрат рідин і газів.

В обсязі чотирьох–п'яти аркушів надати опис витратомірів у відповідності до даних наведених в додатку В.

У вступній частині матеріалу слід вказати що є витрата її види і одиниці виміру.

Матеріал обов'язково повинен мати принципові схеми відповідних витратомірів.

2.5. Завдання №5

Завдання відноситься до огляду засобів вимірювання температури твердих тіл рідин і газів.

В обсязі чотирьох–п'яти аркушів слід надати опис засоби вимірювання температури у відповідь до даних наведених в додатку Г.

У вступній частині матеріалу слід вказати фізичну сутність температури тіл і середовища та привести матеріал, що стосується шкал вимірювання температури.

Матеріал 5 завдання обов'язково повинен включати принципові схеми, пов'язані з заданими засобами вимірювання температури.

2.6. Завдання №6

Завдання відноситься до теми «Методи та засоби вимірювання густини рідин».

Для визначення густини рідини в часі використовується перетворювач приведений на рисунку

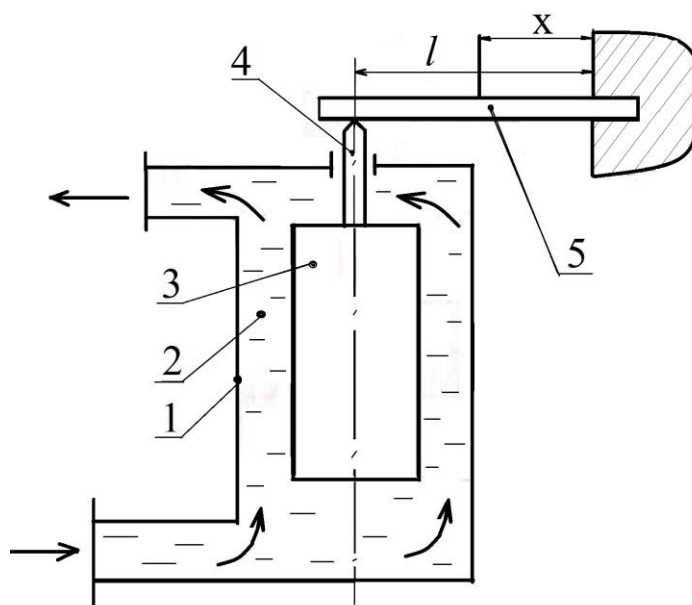


Рисунок 6.1 – Принципова схема поплавкового густиноміра:

1 – корпус; 2 – рідина; 3 – поплавок; 4 – шток; 5 – балка.

Необхідно визначити розміри і матеріал балки, при яких на відстані $l_0 = 10$ мм від заціплення балки відносна деформація поверхневого шару балки орієнтовно буде дорівнювати $\varepsilon_e = 10^{-3}$. До розмірів балки відносяться її довжина – l , ширина – b і товщина – h .

Дано:

Висота поплавка H – дивись таблицю (додаток Б) стовпчик №5;

Радіус поплавка R – дивись таблицю (додаток Б) стовпчик №6;

Густина рідини ρ – дивись таблицю (додаток Б) стовпчик №7;

Вага поплавка G_n дорівнює nF_A , де F_A – сила Архімеда, яка діє на поплавок, а n приведено в таблиці (додаток Б) стовпчик №8.

Методичні рекомендації до виконання завдання №6

Питання відноситься до методів визначення густини рідини при її русі з відносно невеликими швидкостями.

Принцип дії даного густиноміра ґрунтується на використанні сили Архімеда – сили, з якою тіло виштовхується з рідини. Ця сила залежить від густини рідини і визначається по формулі:

$$F_A = \rho g V, \quad (6.1)$$

де F_A – сила Архімеда;

ρ – густина рідини, в якій знаходиться тіло;

g – прискорення вільного падіння;

V – об'єм рідини, що її витісняє тіло.

Наявність в формулі густини рідини ρ і дає привід стверджувати, що використання сили Архімеда дає можливість визначити густину рідини.

Слід відмітити, що тверде тіло на нижній торець якого не діє рідина (наприклад свая, яка забита в дно річки) не зазнає дії сили Архімеда – цієї сили в цьому випадку просто нема.

Крім сили Архімеда на циліндрична тверде тіло, у відповідності до умов задачі, діє ще його вага, яка складає задану частину від сили Архімеда, а саме nF_A .

Сумарна сила діє на пружний перетворювач – консольно балку. Балка згинається. Виникають нормальні напруження і відповідні відносні деформації в тілі балки. Нас цікавлять відносні деформації стиснення та розтягу в поверхневих плоских шарах балки.

Для визначення відносної деформації в поверхневих шарах балки можемо скористатися такими формулами:

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (6.2)$$

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E}, \quad (6.3)$$

$$M = F(l - x), \quad (6.4)$$

$$W = \frac{2J_z}{h}, \quad (6.5)$$

$$J_z = \frac{bh^3}{12}, \quad (6.6)$$

де σ – нормальні напруження в поверхневих шарах балки;

M – згинаючий момент у перерізі А–А;

W – момент опору;

ε_e – відносна деформація в поверхневих шарах балки;

E – модуль пружності матеріалу балки;

F – сила, що згинає балку;

l – довжина балки;

x – відстань від жорсткої опори до перерізу, який розглядається;

J_z – момент інерції поперечного перерізу балки відносно осі Z ;

b – ширина балки;

h – товщина балки.

З урахуванням умов питання відносна деформація поверхневих шарів балки в перерізі А–А повинна дорівнювати (орієнтовно) 10^{-3} . Виходячи з цього, слід визначити розміри балки. Виходячи з розумних конструкторських міркувань, можливо визначити такі параметри балки, що вказані на рисунку 6.2.

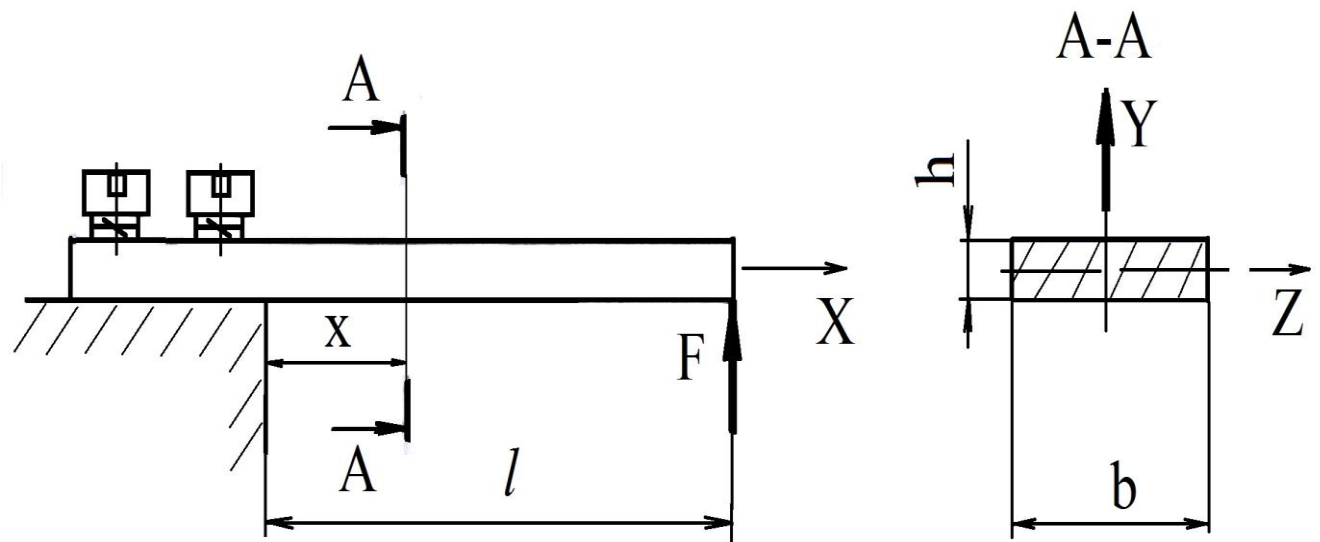


Рисунок 6.2 – Консольна балка

l – слід ви вибрати з діапазону (100...160)мм;

b – слід вибрати з діапазону (14...30)мм;

h – цей параметр балки слід розраховувати, виходячи з умов $\varepsilon_e \approx 10^{-3}$ в перерізі А–А.

Для виготовлення балки можливо використовувати сталі, латуні, бронзи і алюмінієві сплави. З урахуванням вибраного матеріалу використовується при розрахунках відповідний модуль пружності.

2.7. Завдання №7

Завдання відноситься до теми «Методи та засоби вимірювання в'язкості рідин».

Побудувати графік залежності часу, за який кулька вільно опускається в рідині на відстань h , від густини матеріалу кульки.

Принципова схема наведена на рисунку 7.1.

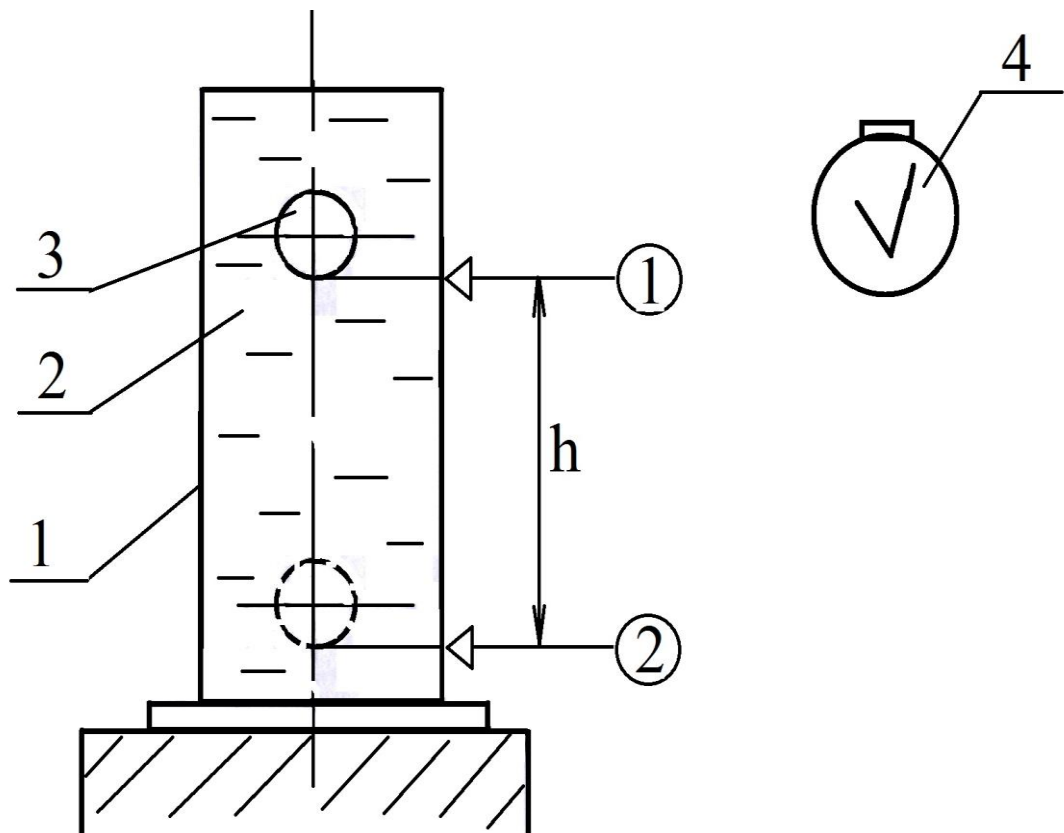


Рисунок 7.1 – Принципова схема обладнання для визначення в'язкості рідини: 1– ємність; 2 – робоча рідина; 3 – кулька; 4 – секундомір

Дано:

⇒ $h = 300\text{мм}$ (дивись рисунок 7.1).

⇒ Радіус кульки – r_k – дивись таблицю (додаток Б, стовпчик №9).

⇒ В'язкість рідини $\nu = (6 + 0,1n)$ сСт.

⇒ Густина рідини $\rho_p = (850 + n) \text{ кг/м}^3$.

⇒ Густина матеріалу кульки:

$$\rho_{min} = 2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{max} = 8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

Методичні рекомендації до виконання завдання №7

Питання відноситься до методів вимірювання в'язкості рідини.

Метод, що розглядається, орієнтований на використання кулі, яка під дією своєї ваги опускається до низу в рідині в'язкість якої визначається. Обов'язковою умовою реалізації цього методу є $\rho_k > \rho_p$, де ρ_k – густина матеріалу кульки; ρ_p – густина рідини.

Форма графіка, який необхідно побудувати, наведена на рисунку 7.2.

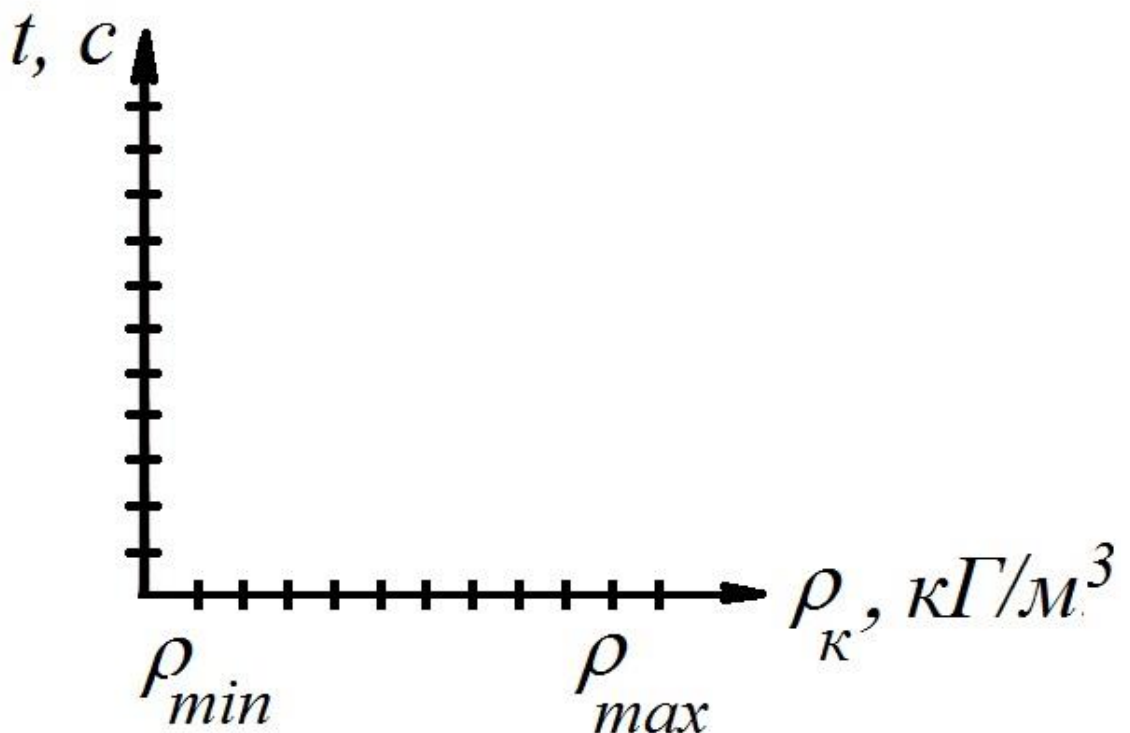


Рисунок 7.2 – Форма графіка

Діапазон $\Delta\rho = \rho_{max} - \rho_{min}$ слід поділити на десять рівних відрізків.

В якості основної формули слід використовувати таку формулу:

$$V = \frac{2g(\rho_K - \rho_P)}{9\mu} r_K^2, \quad (7.1)$$

де V – швидкість опускання кульки;

g – прискорення вільного падіння;

ρ_K – густина матеріалу кульки, при умові, що кулька не має внутрішніх порожнин;

ρ_P – густина рідини, що досліджується;

r_K – радіус кульки;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини.

Кулька опускається в рідині з постійною швидкістю. При фіксованій величині h , час за який кулька пройде цю відстань буде дорівнювати:

$$t = \frac{h}{V} = \frac{9\mu h}{2g(\rho_K - \rho_P)r_K^2}. \quad (7.2)$$

Використовуючи цю формулу і будуємо заданий графік. Значення t розраховуємо для одинадцяти значень ρ_K . На поле графіка наносимо одинадцять крапок з відповідними отриманими парами значень $(\rho_K - t)$. Нанесені крапки послідовно з'єднуємо між собою з метою отримання плавного графіка.

3. Правила оформлення ДКР

3.1. Загальні правила оформлення текстової частини ДКР

Матеріали ДКР повинні оформлятися відповідно до вимог, наведених в [2].

ДКР слід оформляти на аркушах білого паперу формату А4 (210x297)мм. Аркуші повинні мати основні написи. Зміст, розташування та розміри граф основних написів, додаткових граф до них, а також розміри

рамок повинні відповідати формам наведеним у додатку Д. Без вказаної форми виконується тільки титульний аркуш.

Текст складається державною мовою в друкованому вигляді на одному боці аркуша.

Необхідно використовувати шрифт Times New Roman 14 пунктів, міжрядковий інтервал 1,5 Lines.

Відстань між рамкою форми та границями тексту на початку та кінці строк повинна бути не менше ніж 3 мм.

Відстань від верхньої та нижньої строчки тексту відповідно до верхньої та нижньої лінії рамки не повинна бути менше ніж 10 мм.

Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту ДКР та дорівнювати п'яти знакам.

Кожне завдання слід починати з нової сторінки.

Всі заголовки слід розташовувати посередині рядка та друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Перенесення слів у заголовку не допускаються.

Відстань між заголовком та подальшим чи попереднім текстом має бути не менше ніж один рядок.

Нумерація сторінок основного тексту і додатків, що входять до складу ДКР повинна бути наскрізна.

У ДКР слід застосовувати стандартизовані одиниці фізичних величин, їх найменування і позначення згідно з ДСТУ 3657-97.

Якщо в тексті наводиться ряд числових значень, виражених в одній і тій же одиниці фізичної величини, то її вказують тільки після останнього числового значення, наприклад 1,50; 1,75; 2,00 м.

Якщо в тексті приводять діапазон числових значень фізичної величини, виражений в одній і тій же одиниці фізичної величини, то позначення одиниці фізичної величини вказується після останнього значення діапазону.

Приклади:

Від 1 до 5 мм.

Від 10 до 100 кг.

Від плюс 10 до мінус 40 0С.

Дробові числа необхідно приводити у вигляді десяткових дробів. Допускається записувати у вигляді простого дробу в один рядок через косу риску, наприклад, $5/32$; $(5x + y)/(4x - y)$.

Пояснення символів і числових коефіцієнтів, що входять у формулу, якщо вони не пояснені раніше в тексті ДКР, повинні бути приведені безпосередньо під формулою. Пояснення кожного символу слід давати з нового рядка в тій послідовності, в якій символи приведені у формулі. Перший рядок пояснення має починатися зі слова «де» без двокрапки після нього.

Приклад: Щільність зразка ρ , кг/м³, обчислюється за формулою

$$\rho = \frac{m}{V},$$

де m – маса зразка, кг;

V – об'єм зразка, м³.

Формули, що слідують одна за одною і не розділені текстом, розділяють комою.

У ДКР формули можуть бути виконані машинним способом або креслярським шрифтом висотою не менше 2,5 мм. Застосування машинописних і рукописних символів в одній формулі не допускається.

Формули мають нумеруватися наскрізною нумерацією арабськими цифрами, які записують на рівні формули праворуч на відстані (15–20)мм від вертикальної лінії рамки у круглих дужках.

Посилання в тексті на порядкові номери формул здають у дужках, наприклад «... у формулі (3).

Допускається нумерація формул у межах завдань. У цьому випадку номер формули складається з номера завдання і порядкового номера формули, відокремлених крапкою, наприклад (3.2) – друга формула третього завдання.

Сторінки ДКР слід нумерувати арабськими цифрами, дотримуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту. Номер сторінки проставляють у полі 7 основного напису (див. додаток Д).

Титульний аркуш ДКР слід включати до загальної нумерації сторінок. Номер сторінки на титульному аркуші не проставляється.

Рисунки слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах завдань. Номер рисунка складається з номеру завдання і порядкового номеру рисунка, відокремлених крапкою. Наприклад, рисунок 3.2 – другий рисунок третього завдання.

Рисунки (схеми, графіки) слід розміщувати безпосередньо після посилання на них в тексті вперше. Як правило, рисунки повинні мати підпис. Підпис до рисунка повинен відповідати основному тексту, доповнювати його але не повторювати. Цифрові та (чи) буквені позначення, наведені на рисунку, слід пояснювати або всі у підпису, або всі у тексті.

До складу підпису входять:

слово «Рисунок»;

порядковий номер рисунка (без знака №);

риска «—»;

назва рисунка (з великої літери та без крапки в кінці назви).

Приклади підпису:

без експлікації

Рисунок 2.1 – Принципова схема витратоміра з звужуючим пристроєм з експлікацією

Рисунок 2.1 – Принципова схема витратоміра звужують пристроєм: 1 – трубопровід; 2 – звужуючий пристрій – діафрагма; 3 – індикаторні трубки; 4 – дифманометр

На всі рисунки мають бути посилання в тексті. Ці посилання входять у текст або подаються в круглих дужках.

Приклади посилання на рисунки в тексті.

Лінія 1–2 на рис. 4.1 відображає залежність, яка шукається.

Лінія 1–2 (рис. 4.1) відображає залежність, яка шукається.

Повторні посилання на рисунки рекомендується давати і скороченим словом «див.».

Якщо в ДКР використовуються рисунки із зарубіжних науково-технічних чи навчальних видань, усі умовні зображення і буквено-цифрові позначення, виконанні в них за національними стандартами, мають бути приведені у відповідність до чинних в Україні нормативних документів.

При необхідності наведення в ДКР переліку виробів слід пам'ятати слідує правила:

перед переліком ставлять двокрапку;

перед кожною позицією переліку слід ставити малу літеру української абетки з дужкою, або не нумеруючи, дефіс (перший рівень деталізації).

для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужками.

Приклад:

а) стрижні;

б) мембрани:

1) плоский мембрани;

2) гофровані мембрани.

Перелік першого рівня деталізації друкують малими літерами з абзацного відступу, другого рівня – з відступом відносно місця розташування переліків першого рівня.

Посилання в тексті ДКР на джерела (використанні матеріали) слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, який виділяється двома квадратними дужками, наприклад, "... у роботі [10] ...", "... у роботах [5 – 9]...".

При посиланнях на завдання, рисунки, таблиці, формули, додатки зазначають їх номери.

При посиланнях слід писати:

«... у завданні 3...»,

«... на рис. 4.2...»,
«... на рисунку 4.2...»,
«... за формулою (6.2)...»,
«... у додатку А...»,

Розрахунки в загальному випадку повинні мати:
ескіз або схему виробу, який розраховується;
задачу розрахунку (з використанням що конкретно повинно бути визначено при розрахунку);
дані для розрахунку;
умови розрахунку;
розрахунок;
висновки.

Ескізи або схеми допускається виконувати в довільному масштабі, який забезпечить чітке уявлення про виріб, який розраховується.

ДКР повинна мати додаток – кресленик звужуючого пристрою.

Додаток – це частина основного матеріалу, яка має додаткове значення.

На додаток повинно бути посилення в тексті другого завдання ДКР.

Додаток слід позначати великою буквою А. Слово Додаток і букву А слід писати в графі 1 основного напису кресленика.

Додаток повинен мати спільну з рештою аркушів ДКР наскрізну нумерацію сторінки.

В змісті ДКР в кінці слід писати: Додаток А. Кресленик звужуючого пристрою.

3.2. Титульний аркуш ДКР

Титульний аркуш оформляється за формою, наведеною в додатку Ж, на окремому аркуші без основного напису.

3.3. Завдання на ДКР

Завдання на ДКР оформляється за формою, наведеною в додатку К на окремих аркушах з основними написами.

Завдання заповнює студент з урахуванням умов, що наведені в додатках А, Б, В, Г і у відповідності до свого варіанту.

Варіант студента визначається:

гр. ПМ–81 – порядковим номером студента в журналі групи;

гр. ПМ–п91 – сумою порядкового номера студента в журналі групи і чисельністю студентів в групі ПМ–81

3.4. Зміст ДКР

Зміст розташовують безпосередньо після Завдання на ДКР на окремому аркуші з основними написами.

Зверху аркушу слід написати слово «Зміст».

До змісту слід включити:

перелік умовних позначень;

завдання №1;

завдання №2;

завдання №3;

завдання №4;

завдання №5;

завдання №6;

завдання №7.

перелік використаних джерел;

додаток А – кресленик звужуючого пристрою;

номери сторінок, які містять початок усіх матеріалів, зазначених вище.

3.5. Перелік умовних позначень

Усі прийняті в тексті ДКР умовні позначення розміщують і пояснюють у переліку, який вміщують безпосередньо після змісту, починаючи з нової сторінки.

Перелік треба друкувати двома колонками: зліва наводиться умовне позначення фізичних величин, праворуч – їх найменування.

Незалежно від цього, за першої появи цих умовних позначень у тексті слід повторно вказати їх розшифровку.

3.6. Перелік використаних джерел

Перелік джерел, на які є посилання в тексті ДКР, наводять у кінці текстової частини, починаючи з нової сторінки.

Бібліографічні описи джерел в переліку подають у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті.

Приклади оформлення бібліографічних описів наведено в додатку Д.

3.7. Окремі вимоги до кресленника звужуючого пристрою

На робочому кресленику звужуючого пристрою вказують:

розміри;

граничні відхилення;

шорсткість поверхонь;

матеріал.

На кожному кресленику поміщають основний напис і додаткові графі до нього (див. додаток Д).

Умовні позначення матеріалу в графі 3 основного напису повинні відповідати позначенням, установленим стандартом на матеріал.

Позначення матеріалу має містити найменування матеріалу, марку, якщо вона для даного матеріалу встановлена, і номер стандарту, наприклад, Сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Рекомендована література

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М. Сідлецький, С.М.Швед. – Вид. 2–ге, виправлене. – К.: Вид. Ліра – К, 2018. – 378с.
2. ГОСТ 2.105-2019 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. Міждержавний стандарт. – Чинний до 01.01.2025г.
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества вещества: Справочник: в 2–х кн. – СПб.: Машиностроение, 2002.
4. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник для вузов. – 3–е изд., – М.: Машиностроение, 1983 – 424с.
5. Лукінюк М.В. Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посібник. – К.: НТУУ“КПІ“, 2007. – 436с.
6. Магістерська дисертація: організація, вимоги до структури, змісту та оформлення [Текст]: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського: уклад.: О.К.Нікітін, В.М. Зайцев. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 92с.
7. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы.: – М.: Энергия, 1978. – 703с.

Таблиця №1

Варіант	Рідина	α	ЗП	m	D, мм	v_{cp} , м/с		Метод відбору тисків
						min	max	
1	2	3	4	5	6	7		8
1	Нафта	0,60	Сп1	0,25	130	1,00	0,2	КТ
2	Вода	0,61	Сп2	0,30	125	0,90	0,2	Т
3	Спирт	0,62	Сп3	0,35	120	0,80	0,2	Т
4	Бензин	0,63	Сп4	0,40	115	0,70	0,1	ФТ
5	Гас	0,64	Сп5	0,45	110	0,60	0,1	ФК
6	ДП	0,65	Дф.1	0,50	105	0,50	0,1	КК
7	ДП	0,64	Дф.2	0,55	100	0,60	0,1	РТ
8	Гас	0,63	Дф.3	0,60	95	0,70	0,1	РК
9	Бензин	0,62	Дф.1	0,65	90	0,80	0,2	КТ
10	Спирт	0,61	ТВ	0,70	85	0,90	0,2	Т
11	Вода	0,60	Дф.3	0,65	80	1,00	0,2	РТ
12	Нафта	0,61	Дф.2	0,60	75	0,90	0,2	РТ
13	Нафта	0,62	Дф.1	0,55	70	0,80	0,2	РК
14	Вода	0,63	Сп.5	0,50	65	0,70	0,1	ФТ
15	Спирт	0,64	Сп.4	0,45	60	0,60	0,1	ФК
16	Бензин	0,65	Сп.3	0,40	55	0,50	0,1	Т
17	Гас	0,64	Сп.2	0,35	50	0,60	0,1	Т
18	ДП	0,63	Сп.1	0,30	45	0,70	0,1	КК
19	ДП	0,62	Дф.1	0,25	40	0,80	0,2	КТ
20	Гас	0,61	ТВ	0,20	35	0,90	0,2	Т
21	Бензин	0,60	Дф.2	0,40	30	1,00	0,2	РТ

ДП – дизельне паливо;

Дф.1 – діафрагма стандартна;

Дф.2 – діафрагма сегментна;

Дф.3 – діафрагма ексцентрична;

Сп1 – сопло стандартне;

Сп2 – сопло Вентурі;

Сп3 – труба Вентурі;

Сп4 – сопло 1/2 кола;

Сп5 – сопло 1/4 кола;

ТВ – тіло Вен турі.

Таблиця №2

Варіант	R_3 , мм	α	ρ , г/см ³	H , мм	R , мм	ρ , г/см ³	n	r_k , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	60	0,70	1,0	150	50	0,80	0,20	5,0
2	58	0,69	1,1	148	49	0,81	0,20	5,5
3	56	0,68	1,2	146	48	0,82	0,20	6,0
4	54	0,67	1,3	144	47	0,83	0,18	6,5
5	52	0,66	1,4	142	46	0,84	0,18	7,0
6	50	0,65	1,5	140	45	0,85	0,18	7,5
7	48	0,64	1,6	138	44	0,86	0,16	8,0
8	46	0,63	1,7	136	43	0,87	0,16	8,5
9	44	0,62	1,8	134	42	0,88	0,16	9,0
10	42	0,61	1,9	130	41	0,89	0,14	9,5
11	40	0,60	2,0	128	40	0,90	0,14	10,0
12	38	0,59	2,1	126	39	0,91	0,14	10,5
13	36	0,58	2,2	124	38	0,92	0,12	11,0
14	34	0,57	2,3	122	37	0,93	0,12	11,5
15	32	0,56	2,4	120	36	0,94	0,12	12,0
16	30	0,55	2,5	118	35	0,95	0,10	12,5
17	28	0,54	2,6	116	34	0,96	0,10	13,0
18	26	0,53	2,7	114	33	0,97	0,10	13,5
19	24	0,52	2,8	112	32	0,98	0,10	14,0
20	22	0,51	2,9	110	31	0,99	0,10	14,5
21	20	0,50	3,0	100	30	1,00	0,10	15,0

Таблиця №3

Варіант	Витратоміри
1	Ротаметри
2	Тахометричні
3	Ультразвукові
4	Електромагнітні
5	Теплові
6	Вихрові
7	Коріолісові
8	Кореляційні
9	Тахометричні
10	Електромагнітні
11	Вихрові
12	Кореляційні
13	Коріолісові
14	Ультразвукові
15	Ротаметри
16	Теплові
17	Кореляційні
18	Вихрові
19	Ультразвукові
20	Ротаметри
21	Коріолісові

Таблиця №4

Варіант	Засіб вимірювання температури
1	Спірометр оптичні зниклою ниткою
2	Пірометри повного випромінювання
3	Термометри розширення
4	Манометричні термометри
5	Термоперетворювачі опору
6	Термоелектричні перетворювачі
7	Термометри розширення
8	У пірометри оптичні зниклою ниткою
9	Термоперетворювачі опору
10	Манометричні манометри
11	Термоелектричні термометри
12	Пірометр випромінювання
13	Пірометр оптичні зниклою ниткою
14	Термометр розширення
15	Термоелектричні термометри
16	Манометричні термометри
17	Термометри розширення
18	Манометричні термометри
19	Термоелектричні
20	Термоперетворювачі опору
21	Пірометри повного випромінювання

Основні написи та додаткові графи для креслеників, схем та текстових конструкторських документів

Вимоги до основних написів конструкторських документів встановлює ДСТУ ГОСТ 2.104:2006.

Зміст, розташування й розміри граф основного напису, додаткових граф до них, а також розміри рамок на креслениках і схемах повинні відповідати формі 1, а у текстових документах – формам 2 та 2а.

Допускається для наступних аркушів креслеників і схем застосовувати форму 2а.

Основний напис, додаткові графи до неї і рамки виконують суцільними основними і суцільними тонкими лініями.

Основні написи розташовують у правому нижньому куті конструкторських документів.

На аркушах формату А4 основні написи розташовують уздовж короткої сторони листа.

У графах основного напису (номери граф на формах показані в дужках) вказують:

графа 1 – визначення виробу і найменування документа;

графа 2 – позначення документа:

Для домашніх контрольних робіт

МЗВПТП ДКР ПМ–81/ пнс

МЗВПТП ДКР ПМ–п91/пнс,

де пнс – порядковий номер студента.

графа 3 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на кресленнях деталей);

графа 4 – не заповнюють;

графа 5 – масу виробу;

графа 6 – масштаб;

графа 7 – порядковий номер аркуша (на документах, які складаються з одного аркуша), графу не заповнюють;

графа 8 – загальна кількість аркушів документа (графу заповнюють тільки на першому аркуші);

графа 9 – НТУУ «КПІ», каф. ПБ, гр.ПМ–81;

графа 10 – не заповнюють;

графа 11 – прізвища студента та керівника ДКР;

графа 12 – підписи осіб, прізвища яких зазначених у графі 11;

графа 13 – дату підписання документа;

графах – 14 ... 34 – не заповнюють.

Основний напис і додаткові графи для креслень і схем

Technical drawing template showing dimensions and fields for a drawing title block. The template includes a main title block area with dimensions 20, 70, 14, 53, 7, 14, 5, 60, 60, 287, 185, 70, 50, 20, 7, 10, 23, 15, 10, 11x5=55, 5, 8, 15, 5, 15, 5, 15, 5, 8. It also includes a table for document information with fields for author, reviewer, designer, etc.

Інв. № ориг.	Підпис і дата	Інв. № дубл.	Підпис і дата
(19)	(20)	(22)	(23)
Наг. інв. №	(21)	Інв. № дубл.	(22)
Підпис і дата	(20)	Підпис і дата	(23)
Довід. №	(24)	Пер. викор.	(25)
(26)	(27)	(28)	(29)
(34)	(30)	(31)	(32)

Зміст

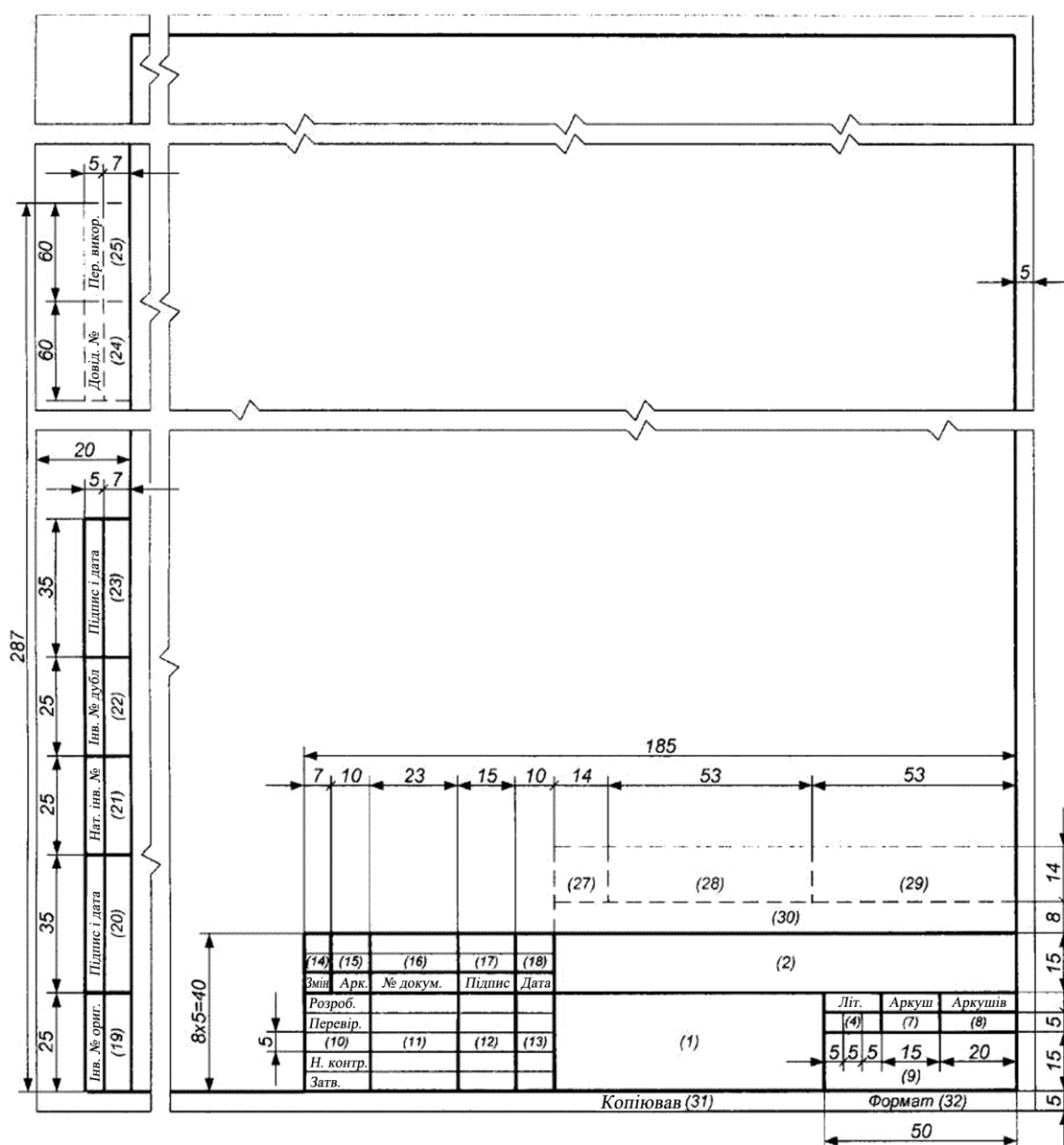
Зміст	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.				
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.				

Літера (5) Маса (6) Маштаб (7) Аркуші (8)

Копіював (31) Формат (32)

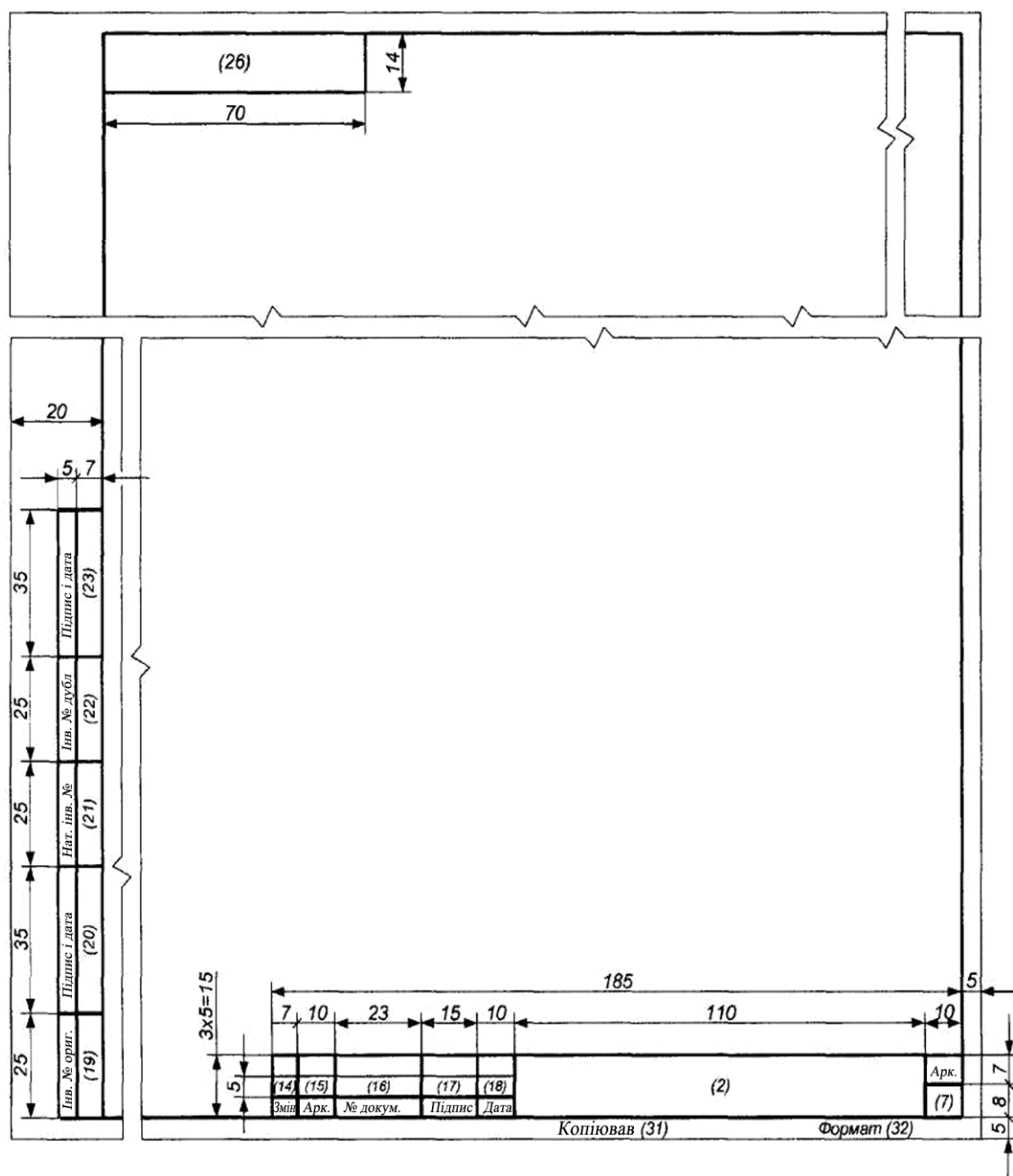
Основний напис і додаткові графи для текстових конструкторських документів

(перший або заголовний аркуш)



Форма 2а

**Основний напис і додаткові графи для креслень (схем) і
текстових конструкторських документів (наступні листи)**



Форма титульного аркушу ДКР

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Кафедра Автоматизації
та систем неруйнівного контролю

Домашня контрольна робота

Кредитний модуль: Методи та засоби вимірювання
параметрів технологічних процесів–2

Виконав студент _____

група ПМ–81, варіант ____

група ПМ–п91, варіант ____

Викладач Нікітін О.К.

Засвідчую, що у цій ДКР немає
запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилання

Студент _____

(підпис)

2021р.

Форма завдання на домашню контрольну роботу

Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського”
Кафедра Автоматизації
та систем неруйнівного контролю

Завдання на домашню контрольну роботу
Кредитний модуль: Методи та засоби вимірювання
параметрів технологічних процесів–2

Студент _____ Варіант № _____
Викладач Нікітін О.К.

Завдання 1

$D_1 = \underline{\hspace{1cm}}$; $D_2 = \underline{\hspace{1cm}}$; $v_1 = \underline{\hspace{1cm}}$.

Рідина – _____

Завдання 2

Звужуючий пристрій – _____

$\alpha = \underline{\hspace{1cm}}$; $m = \underline{\hspace{1cm}}$; $D = \underline{\hspace{1cm}}$; $v_{cp.} = \underline{\hspace{1cm}}$.

Метод відбору тисків – _____

Робочий кресленик – _____
назва звужуючого пристрою

Завдання 3

$\alpha = \underline{\hspace{1cm}}$; $m = \underline{\hspace{1cm}}$; $D = \underline{\hspace{1cm}}$; $v_{cp.} = \underline{\hspace{1cm}}$.

Завдання 4

Витратомір _____

Завдання 5

Засіб вимірювання температури _____

Завдання 6

$H = \underline{\hspace{1cm}}$; $R = \underline{\hspace{1cm}}$; $\rho = \underline{\hspace{1cm}}$; $G_n = \underline{\hspace{1cm}}$.

Завдання 7

$r_k = \underline{\hspace{1cm}}$.

Студент _____ .09.2021р.

підпис

Викладач _____ .09.2021р.

підпис

**Приклади оформлення бібліографічних
описів використаних джерел**

Книги

Один, два або три автори

Храмов А.В. Первинні вимірювальні перетворювачі вимірювальних приладів і автоматичних систем : Навч. посіб. – К.: Вища шк., 1998. – 527с.

Коваленко І.О., Коваль А.М. Метрологія та вимірювальна техніка : Навч. посіб. – Житомир: ЖТТІ, 2001. – 652С.

Ефимов В.Т., Молчанов В.И., Ефимов А.В. Методы расчетов в автоматизации химико-технологических и теплоэнергетических процессов : Учеб. пособ. для вузов. – Х.: ХГПУ, 1998. – 316с.

Чотири автори

Автоматизація виробничих процесів : підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид. 2–ге. – К.: Вид. Ліра – К., 2018. – 378с.

П'яти чи більше авторів

Энергетические установки и окружающая среда: учеб. Пособие / В.А. Маляренко, Г.В. Варламов, Г.Н. Любчик и др. – Х.: ХГАГХ, 2002. – 398с.

Книги за редакцією

Проектирование датчиков для измерения механических величин: / Под ред. Е.П. Осадчого. – М.: Машиностроение, 1979. – 480с.

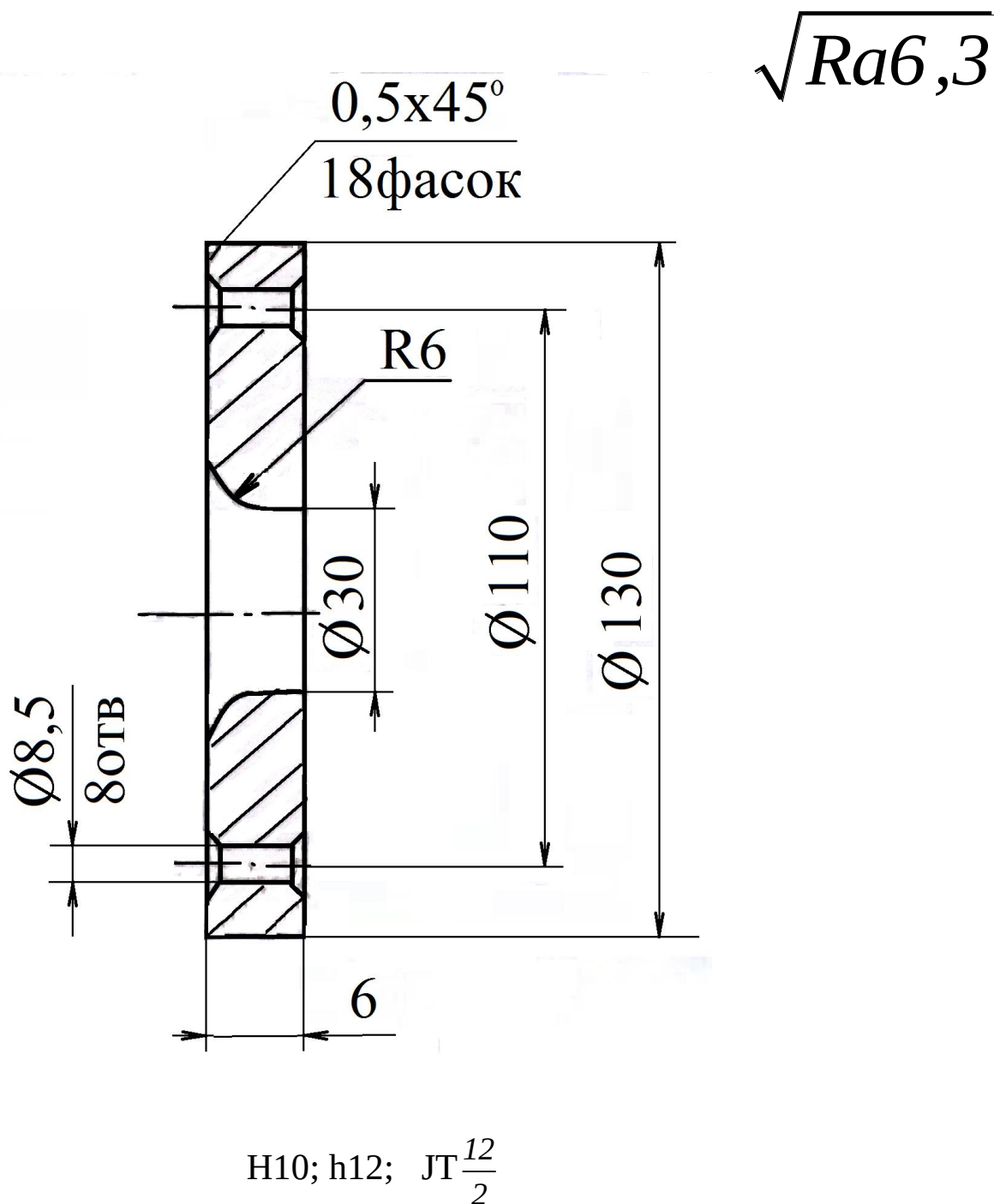
Стандарт

ДСТУ 3321:2003 Національний стандарт України. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Видання офіційне. – Чинне від 08.12.2003. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 51с.

Електронні ресурси

Берн Э. Игры, в которые играют люди (психология человеческих взаимоотношений): [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lib.ru/PHINO/BERN/>.

Приклад креслення звужуючого пристрою



Сопло «1/4 круга»

Матеріал: Сталь Х18Н9Т