

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"Харківський політехнічний інститут"

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
для самостійної роботи студентів з дисциплін  
"Природоохоронні та енергозберігаючі системи",  
"Екологія" та виконання контрольного завдання  
для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-  
інтегровані технології та робототехніка " та 133– "Галузеве  
машинобудування"  
денної та заочної форм навчання

Харків НТУ

"ХПІ"

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"Харківський політехнічний інститут"

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для самостійної роботи студентів з дисциплін  
"Природоохоронні та енергозберігаючі системи",  
"Екологія" та виконання контрольного завдання

для студентів спеціальності 174 "Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" та 133 "Галузеве  
машинобудування"

денної та заочної форм навчання

Затверджено  
редакційно-видавничою радою  
НТУ "ХПІ",  
протокол № 1 від 15.02.2024

Харків  
НТУ "ХПІ"  
2024

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з дисциплін "Природоохоронні та енергозберігаючі системи", "Екологія" та виконання контрольного завдання для студентів спеціальності 151 – "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" та 133 – "Галузеве машинобудування" денної та заочної форм навчання / уклад.: О.Г. Шутинський, В.Б. Байрачний, І.Г. Лисаченко та ін. - Харків : НТУ "ХПІ", 2024. - 34 с.

Укладачі:            О. Г. Шутинський  
                              В. Б. Байрачний  
                              А.К. Бабіченко  
                              І. Л. Красніков  
                              І.Г. Лисаченко  
                              В.О. Лобойко

Рецензент            доц. Н.О. Євсіна

Кафедра автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу

## ВСТУП

Методичні вказівки розроблені для виконання самостійної роботи студентами денної та заочної форм навчання спеціальностей: 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" та 133 "Галузеве машинобудування" з дисциплін "Природоохоронні та енергозберігаючі системи" та "Екологія".

У методичних вказівках наведені два контрольних завдання, які складені у 25 варіантах і вибираються відповідно до останньої цифри навчального шифру студента.

Контрольне завдання рекомендується виконувати в окремому зошиті з полями для зауважень рецензента. Текст повинен бути виконаний розбірливо і охайно. Тексти завдань переписуються повністю. Відсутні вихідні дані для розрахунку можна взяти з літературних джерел або прийняти самостійно з відповідними поясненнями, в кінці завдання вказується список використаної літератури.

**Контрольне завдання № 1** полягає у складанні плану заходів щодо захисту повітряного басейну від викидів промислового підприємства. Перед виконанням завдання слід повністю переписати його текст.

План включає такі розділи:

- визначення гранично допустимого викиду для всіх шкідливих речовин;
- визначення необхідної для дотримання санітарних норм ефективності очищення від кожного шкідливої речовини;
- для студентів спеціальності 151 – "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" необхідно розробити рекомендації щодо енергоефективного методу очистки від шкідливих викидів для даного виробництва.

**Контрольне завдання № 2** полягає у складанні плану заходів з очищення стічних вод конкретного підприємства. Перед виконанням завдання слід

повністю переписати його текст. Користуючись даними за хімічним складом стічних вод, вод природної водойми (табл. 3) і вод певного призначення (табл. 4), необхідно встановити:

- ступінь розведення стічних вод у водоймі в заданому створі;
- необхідний ступінь очищення стічних вод від завислих речовин;
- ступінь очищення від забруднювачів, що визначають БПК<sub>пол</sub>;
- розрахунковий вимір реакції середовища (рН) водойми при скиданні в неї підготовлених і непідготовлених стічних вод;
- необхідність у заходах щодо зниження рівня теплового забруднення водойми;
- ступінь очищення забруднених стічних вод від розчинених в них шкідливих речовин,
- для студентів спеціальності 151 – "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" необхідно розробити рекомендації щодо енергоефективного методу очистки від шкідливих викидів для даного виробництва.

## Методичні вказівки з виконання контрольного завдання № 1

Модуль гранично допустимого викиду шкідливої речовини  $M$  визначаємо за формулою

$$M_{ГДВ} = \frac{ГДК \cdot H^2 \sqrt[3]{V \Delta t}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}$$

де  $ГДК$  - максимальна разова гранично допустима концентрація шкідливої речовини у викиді,  $мг/м^3$ ;  $H$  - висота джерела викиду (вихлопної труби) над рівнем землі,  $м$ ;  $V$  - об'ємна швидкість газу,  $м/с$ ;  $V = Q/3600$ , тут  $Q$  - середній обсяг викиду газів,  $м^3/год$ ;  $\Delta t$  - різниця між температурою викиданої газоповітряної суміші  $t_2$  температурою навколишнього повітря  $t_n, ^\circ C$ ;  $A$  - коефіцієнт, який визначає умови розсіювання домішок, що залежать від географічного регіону (для України, Уралу, Поволжя  $A = 160$ ; для Середньої Азії - 240; для Сибіру, Казахстану - 200; для центральної європейської частини - 120);  $F$  - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання домішок в атмосфері (для газів - 1,0; для парів - 2,0; для пилу - 3,0);  $m$  і  $n$  - коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду. Коефіцієнт  $m$  ( $м/с^2$  град) залежить від значення параметра  $f$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34 \times \sqrt[3]{f}}$$

де

$$f = \frac{1000 \times W_0^2 \times D}{H^2 D t}$$

Тут  $D$  - діаметр гирла джерела викиду,  $м$ ;  $V$  - середня швидкість виходу

газоповітряної суміші з гирла, м/с.

$$W_o = \frac{4V}{\pi \times D^2}, \quad V_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta t}{H}}$$

Безрозмірний коефіцієнт залежить від параметра:

-при  $V_M \leq 0,3$   $n = 3$ ;

-при  $0,3 < V_M \leq 2$   $n = 3 - \sqrt{(V_M - 0,3) \cdot (4,36 - V_M)}$ ;

-при  $V_M > 2$   $n = 1$ .

Знаючи фактичний вміст шкідливої речовини на межі санітарно-захисної зони, можна розрахувати модуль фактичного викиду за формулою

$$M_{\text{фак}} = C_{\text{фак}} \cdot V$$

Ефективність необхідного для дотримання санітарних норм очищення від кожного забруднювача визначаємо за формулою:

$$\mathcal{E} = \frac{M_{\text{фак}} - M_{\text{ПДВ}}}{M_{\text{фак}}} \cdot 100\%$$

## Методичні вказівки

### з виконання контрольного завдання № 2

#### 1. Визначення ступеня розведення стічних вод

При визначенні можливості спуску стічних вод підприємства у водойму насамперед розраховують ступінь розведення стічних вод річковою водою. Розведення стічних вод - це процес зниження концентрації забруднюючих речовин в водотоках і водоймах, що протікають внаслідок перемішування стічних вод з природними водами. Інтенсивність процесу розведення кількісно характеризується ступенем розведення, який визначається за формулою

$$n = \frac{j \cdot Q + q}{q},$$

де  $Q$  - витрата води в річці, м<sup>3</sup>/с;  $q$  - розрахункова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с;  $j$  - коефіцієнт змішування. Коефіцієнт змішування  $j$  завжди менший одиниці.

Витрата води річки є гідрометричною характеристикою. Вона визначається дослідним шляхом відповідними гідрологічними організаціями. Оскільки річки мають неоднаковий стік як у різні роки, так і протягом року, то для розрахунків беруть найгірші умови, тобто найменший середньомісячні витрати при 95%-ній забезпеченості. При 95%-ній забезпеченості річного стоку маловодні роки на річці трапляються один раз в 20 років.

При проектуванні середньомісячні витрати води в річці і коефіцієнт змішування беруться з даних гідрометеорологічної служби, а витрата стічних вод визначається розрахунковим шляхом або за аналогією з діючим підприємством такого профілю.

Після визначення ступеня розведення стічних вод потрібно розглянути питання можливого погіршення якості води в річці або в іншій водоймі в результаті скидання туди стічних вод. Нормативні показники якості води залежать від наявності завислих речовин, що плавають, домішок, присмаку,

фарбування, температури, значення рН, мінерального складу, БПК, збудників, отруйних шкідливих речовин. Для всіх забруднюючих речовин розроблені гранично допустимі концентрації (ГДК). Шкідливі та отруйні речовини вельми різноманітні за своїм складом, тому вони нормуються за принципом лімітованого показника шкідливості (ЛПШ). Під лімітованим показником шкідливості розуміється найбільш несприятливий вплив кожної речовини. За лімітованим показником шкідливості всі речовини в водоймах питного і культурно-побутового водокористування поділені на три групи: з санітарно-токсикологічними ЛПШ (с.-т.), загальносанітарним ЛПШ (заг.), органолептичними ЛПШ (орг.). У водоймах рибогосподарського водокористування виділяють ще речовини, що мають токсикологічний і рибогосподарський ЛПШ.

## ***2. Розрахунок ступеня очищення стічних вод від завислих речовин***

Необхідний ступінь очищення стічних вод за вмістом завислих речовин визначається за формулою

$$\xi_{зав} = \frac{C_{ст}^{зав} - C_o^{зав}}{C_{ст}^{зав}} \cdot 100\%$$

де  $C_{ст}^{зав}$  - вихідна концентрація завислих речовин у стічних водах до очищення, мг/л;  $C_o^{зав}$  - розрахункова концентрація завислих речовин в очищених стічних водах перед скиданням у водойму, мг/л.

Розрахункову концентрацію завислих речовин в очищених стічних водах перед скиданням їх у водойму визначають за формулою

$$C_o^{зав} = C_6^{зав} + nC_{дон}$$

де  $C_6^{зав}$  - концентрація завислих речовин у воді річки до скидання стічних вод, мг/л;  $n$  - ступінь розведення стічних вод в розрахунковому створі;  $C_{дон}$  -

допустиме збільшення вмісту завислих речовин в річці після скидання стічних вод, мг/л;  $C_{\text{дон}} = 0,25$  мг/л для водойм господарсько-питного водопостачання і для водопостачання харчових підприємств,  $C_{\text{дон}} = 0,75$  мг/л для рибогосподарських водойм і водойм культурно-побутового призначення.

### 3. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод по БПК суміші річкової води і стічних вод

При надходженні стічних вод у річки та водойми зниження концентрації органічних речовин, виражене в БПК, відбувається внаслідок розведення.

Концентрацію стічних вод, при якій БПК води річки в найближчому пункті водокористування нижче спуску стічних вод буде не більше прийнятих нормативів, знаходять за формулою

$$L_o = \frac{n-1}{10^{-k_1 t}} (L_{\text{дон}} - L_g) + \frac{L_{\text{дон}}}{10^{-k_1 t}},$$

де  $L_{\text{дон}}$  – гранично допустиме значення БПК суміші стічних вод і річкової води;  $L_{\text{дон}} = 4$  мг/л;  $L_g$  – БПК річкової води до скидання стічних вод, мг/л;  $k_1$  – константа швидкості споживання кисню стічними водами, визначається по таблиці,  $t$  - час протікання води від місця скидання до розрахункового створу, діб.

Таблиця 1 – Значення  $k_1$ , при різних температурах річкової води

t, °C	$k_1$
0	0,04
5	0,05
9	0,06
12	0,07
15	0,08
20	0,1
22	0,11
24	0,12
26	0,13
28	0,14
29	0,15

Якщо розрахункове значення  $L_o$  більше фактичного значення БПК стічних вод, що підлягають спуску в річку, то біохімічне очищення стічних вод не потрібно.

Якщо ж  $L_o$  менше БПК стічних вод, то біологічна очистка перед спуском у водойму обов'язкова до отримання розрахункового значення  $L_o$ .

Необхідний ступінь очищення стічної води по БПК визначається в цьому випадку по формулі

$$\mathcal{E}_{\text{БПК}} = \frac{L_{\text{ст}} - L_o}{L_{\text{ст}}} \cdot 100\%,$$

де  $L_{\text{ст}}$  - повна біохімічна потреба стічної води в кисні, мг/л.

#### ***4. Розрахунок ступеня очищення стічних вод за зміни рН***

Відповідно до загальних вимог щодо складу і властивостей води водойм, пунктів культурно-побутового водокористування реакція рН не повинна виходити за межі 6,5-8,5.

Допустиму концентрацію кислоти в стічних водах знаходять за формулою

$$C_{\text{доп}} = (n - 1)X_k$$

де -  $X_k$  максимальна кількість, яку може бути додано до 1 л річкової води, мг-екв/л;  $n$  - ступінь розведення стічних вод.

Значення знаходять за графіком Черкінського. Користуватися графіком треба в такий спосіб. Припустимо, що вода має рН = 7,5 при лужності 3 мг/л. Відновивши перпендикуляр з точки 7,25 на осі абсцис до перетину з основною кривою, яка відповідає 3 ( $B = 3$ ) і опустивши з точки перетину перпендикуляр на праву вісь ординат, знаходимо значення, рівне 1,25. Це і є максимальна кількість кислоти в мілілітрах нормального розчину, яка може бути додана до 1 л води водойми за санітарними нормами ( $X_k$ ).

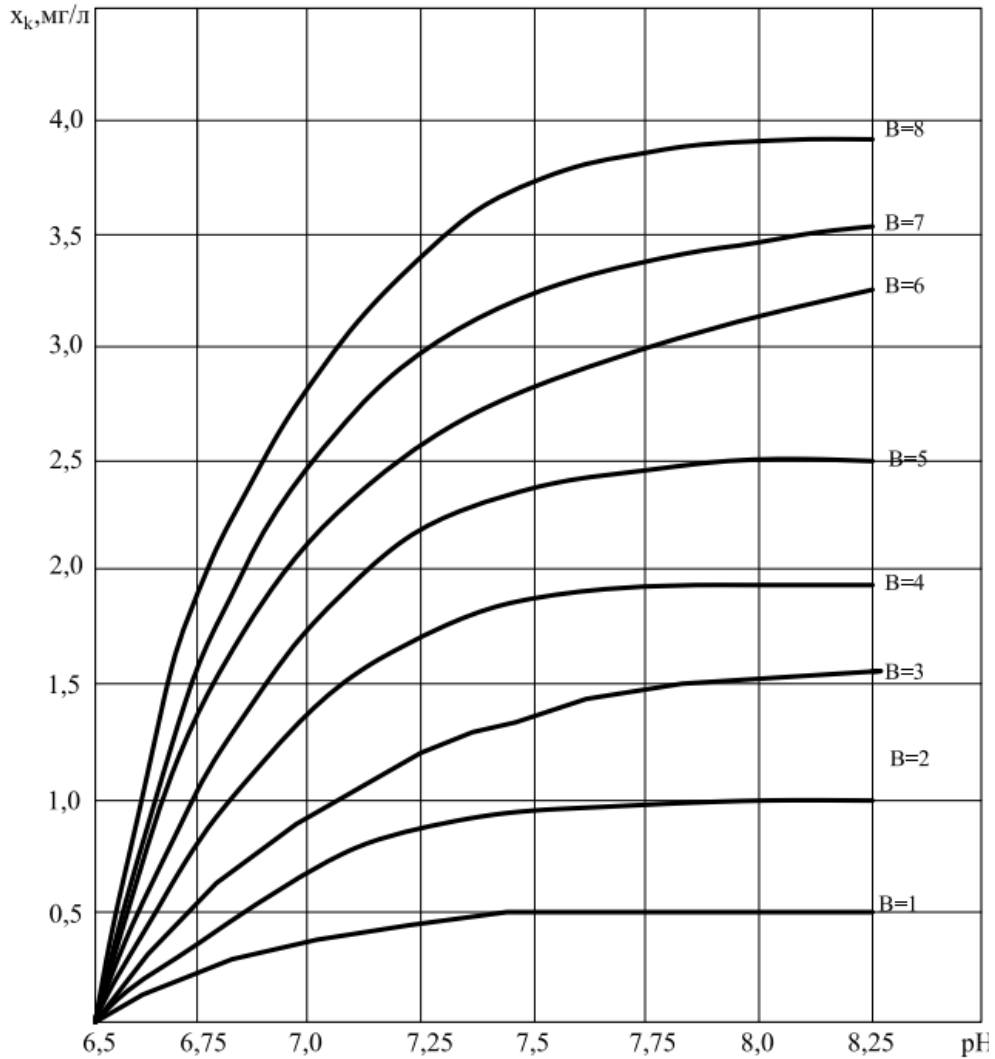


Рис. 1. Графік визначення максимальної кількості кислоти на 1 л річкової води (за С.Н. Черкинським)

Необхідний ступінь очищення стічних вод від кислоти визначають за формулою

$$\mathcal{E} = \frac{C_k - C_{дон}}{C_k} \cdot 100\%,$$

де  $C_k$  - кислотність в стічних водах, мг-екв/л.

### 5. Розрахунок температури стічних вод перед скиданням у водойму

Розрахунок проводиться з урахуванням санітарних вимог: річна

температура річкової води не повинна підвищуватися в результаті спуску стічних вод більш ніж на 3°C.

Максимально допустиму температуру стічних вод визначають за формулою

$$t_{cm} = \left( \frac{j \cdot Q}{q} + 1 \right) \cdot (t_{don} + t_{max})$$

де  $j$  - коефіцієнт змішування;  $Q$  - витрата води річки, м<sup>3</sup>/с;  $q$  - витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с;  $t_{don}$  - допустиме підвищення температури ( $t = 3^\circ\text{C}$ );  $t_{max}$  - максимальна температура річкової води в найбільш теплий літній місяць до спуску стічних вод.

Порівнюємо отриману величину з температурою стічних вод. Якщо температура стічних вод менше отриманої розрахункової, то спеціальних заходів щодо зниження температури стічних вод приймати не потрібно. Якщо температура стічних вод більше розрахункової, то потрібно охолодження стічних вод перед скиданням їх у водойму.

#### ***6. Розрахунок ступеня очищення стічних вод від шкідливих речовин***

Якщо в стічних водах міститься кілька шкідливих речовин, то всі компоненти, наявні в стічних водах, розбиваються на групи з однаковими лімітуючими показниками шкідливості (ЛПШ).

Наприклад, в стічних водах містяться миш'як, ртуть, свинець, сульфолен, цинк. За табл. 5 визначаємо, що миш'як, свинець відносяться до групи речовин з санітарно-токсикологічного ЛПШ (с.-т.), а сульфолен і цинк - до групи речовин загальносанітарного ЛПШ (заг.).

Потім визначаємо суму відношень концентрацій речовин кожної групи в стічній воді до їх гранично допустимих концентрацій:

$$\frac{C_{cm1}}{ГДК_1} + \frac{C_{cm2}}{ГДК_2} + \frac{C_{cm3}}{ГДК_3} + \dots + \frac{C_{cmn}}{ГДК_n} = C_{cm}$$

Після цього підраховуємо суму відношень концентрацій цих речовин у воді водойми до спуску в неї стічних вод до їх ГДК:

$$\frac{C_{e1}}{ГДК_1} + \frac{C_{e2}}{ГДК_2} + \frac{C_{e3}}{ГДК_3} + \dots + \frac{C_{en}}{ГДК_n} = C_e$$

Потім визначаємо необхідний ступінь очищення за формулою

$$\mathcal{E}_{ep} = \left( 1 - \frac{1 - \frac{n-1}{n} C_e}{\frac{C_{cm}}{n}} \right) \cdot 100\%$$

де  $n$  - ступінь розведення стічних вод.

Якщо до якоїсь групи ЛПШ відноситься лише один компонент, то спочатку визначаємо допустимий вміст його у водах перед скиданням за формулою

$$C_o^i = n(ГДК - C_e) + C_e$$

де  $C_e$  - концентрація даної речовини у воді водойми до скиду стічних вод;  $n$  - ступінь розведення стічних вод.

А потім визначаємо необхідний ступінь очищення по даної речовини за формулою:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{cm}^i - C_o^i}{C_{cm}^i} \cdot 100\%$$

де  $C_{cm}^i$  - концентрація речовини в стічній воді.

## Варіанти до контрольного завдання № 1

### В а р і а н т 1

Хімічний комбінат виробляє синтетичні віскозні волокна і викидає в атмосферне повітря через трубу висотою 50 м і діаметром 0,8 м 1000 м<sup>3</sup>/год різних газів і аерозолів з температурою 160 °С. Розрахункова температура атмосферного повітря для січня в даній місцевості –10 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів з охорони повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 2

Велика ГРЕС викидає в атмосферу через трубу висотою 250 м і діаметром 1 м<sup>3</sup> 340 м<sup>3</sup>/год різних газів і аерозолів з температурою 130 °С. Розрахункова температура атмосферного повітря для січня в даній місцевості –17 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів з охорони повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 3

Металургійний комбінат викидає через трубу висотою 50 м і діаметром 0,8 м в атмосферне повітря 1900 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 110 °С. Розрахункова температура атмосферного повітря взимку для даної місцевості –18 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів з охорони повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 4

Завод з виробництва алюмінію електролізним методом викидає в атмосферу через трубу висотою 50 м і діаметром 0,8 м 900 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 160 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 5

Целюлозно-паперовий комбінат викидає в атмосферу через труби висотою 60 м діаметром 0,8 м 1500 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою

95 °С. Розрахункова температура січня –25 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

#### В а р і а н т 6

Ливарний цех автомобільного заводу. Викиди (300 м<sup>3</sup>/год) будуть надходити через трубу витяжної вентиляції висотою 10 м і діаметром 0,5 м в атмосферне повітря. Температура викиду 24 °С. Розрахункова температура січня –15 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

#### В а р і а н т 7

Міделиварний завод викидає через трубу висотою 70 м і діаметром 0,9 м 1200 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 170 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

#### В а р і а н т 8

Завод з виробництва азбесту викидає через трубу висотою 35 м і діаметром 0,7 м 1200 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 90 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

#### В а р і а н т 9

Завод з виробництва портландцементу викидає через трубу висотою 60 м і діаметром 0,8 м 1000 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 80 °С. Розрахункова температура –19 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

#### В а р і а н т 10

Асфальтобетонний завод викидає через трубу висотою 25 м і діаметром 0,6 м 900 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 130 °С. Розрахункова температура січня –21 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 1

Завод з виробництва складних добрив викидає через трубу висотою 50 м і діаметром 0,7 м 1200 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 130 °С. Розрахункова температура січня –22 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 2

Завод з виробництва аміачної селітри викидає через трубу висотою 60 м і діаметром 0,8 м 1300 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 90 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 3

Виробництво сірчаної кислоти викидає через трубу висотою 50 м і діаметром 0,6 м 1500 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 150 °С. Розрахункова температура січня –22 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 4

Завод з виробництва целюлози викидає через трубу висотою 50 м і діаметром 0,7 м 1200 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 120 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 5

Цех виробництва капролактаму викидає в атмосферу через трубу висотою 60 м і діаметром 0,8 м 1200 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 100 °С. Розрахункова температура січня –22 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 6

Цех виробництва фосфорної кислоти викидає через трубу висотою 50 м і діаметром 0,6 м 1000 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 110 °С. Розрахункова температура січня –22 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 7

Цех виробництва соляної і азотної кислот викидає через трубу висотою 75 м і діаметром 0,7 м 1200 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 120 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 8

Цех виробництва рідкого хлору і хлорного вапна викидає в атмосферу через трубу висотою 100 м і діаметром 0,8 м 1900 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 150 °С. Розрахункова температура січня –19 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейна для даного підприємства.

### В а р і а н т 1 9

Цех виробництва мінеральних пігментів викидає в атмосферу через систему аспірації висотою 50 м і діаметром 0,5 м 1800 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 160 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 2 0

Цех виробництва аміачної селітри викидає через трубу висотою 75 м і діаметром 0,7 м 2000 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 170 °С. Розрахункова температура січня –19 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 2 1

Цех виробництва щавлевої і сульфамінової кислот викидає в атмосферу через трубу висотою 50 м і діаметром 0,5 м 1800 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 90 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2 скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 2 2

Цех виробляє ацетон і метанол і викидає в атмосферу через трубу висотою 100 м і діаметром 0,8 м 2100 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 120 °С. Розрахункова температура січня –21 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 2 3

Цех виробництва аміачної селітри викидає в атмосферу 2000 м<sup>3</sup>/ч через трубу висотою 75 м і діаметром 0,6 м різні гази і аерозолі з температурою 95 °С. Розрахункова температура січня –20 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 2 4

Цех виробництва карбаміду викидає в атмосферне повітря через трубу висотою 60 м і діаметром 0,5 м 1500 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 120 °С. Розрахункова температура січня –21 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів захисту повітряного басейну для даного підприємства.

### В а р і а н т 2 5

Цех виробляє складні добрива і викидає в атмосферне повітря через трубу висотою 100 м і діаметром 0,8 м 1700 м<sup>3</sup>/год газів, що відходять, і аерозолів з температурою 100 °С. Розрахункова температура січня –19 °С. Користуючись даними табл. 2, скласти план заходів щодо захисту повітряного басейну для даного підприємства.

Таблиця 2 (до контрольного завдання №1)

№ вар.	Речовина	Фактична концентрація, мг/л	ГДК по СН 245-71, мг/м <sup>3</sup>
1	Ацетальдегід	0,1	0,01
	Вінілацетат	0,6	0,015
	Сірковуглець	0,09	0,03
	Акролеїн	0,3	0,03
	Сірчистий газ	0,8	0,5
	Діоксил азоту	0,14	0,08
2	Оксид вуглецю	10,0	5,0
	Сірчистий газ	1,1	0,5
	Сажа (кіптява)	0,6	0,15
	Діоксид азоту	1,9	0,085
	Формальдегід	0,04	0,035
	Пил нетоксичний	1,1	0,5
3	Сірчистий газ	3,0	0,5
	Оксид вуглецю	6,0	5,0
	Сажа (кіптява)	0,65	0,15
	Марганець	0,04	0,01
	Ванадію п'ятиоксид	0,01	0,03
	Сірковуглець	0,07	0,03
4	Дихлоретан	5,0	3,0
	Сірчистий газ	1,5	0,5
	Оксид вуглецю	5,0	5,0
	Фтористий водень	0,16	0,02
	Пил нетоксичний	4,0	0,5
	Сажа (кіптява)	0,3	0,15
5	Оксид вуглецю	6,0	5,0
	Пил нетоксичний	1,0	0,5
	Сірчистий газ	1,1	5,0
	Сірчиста кислота	1,0	0,3
	Ізопропілбензол	0,06	0,014
	Пропіловий спирт	0,81	0,3
6	Оксид вуглецю	5,5	5,0
	Сірчистий газ	0,75	0,5
	Діоксид азоту	0,21	0,085
	Метанол	2,2	1,2
	Формальдегід	0,08	0,035
	Фенол	0,03	0,01

## Продовження таблиці 2

7	Сірчистий газ	1,1	0,5
	Оксид вуглецю	7,0	5,0
	Діоксид азоту	0,3	0,085
	Миш'як	0,005	0,003
	Свинець сірчистий	0,003	0,0017
	Пил нетоксичний	2,0	0,5
8	Сірчистий газ	0,8	0,5
	Сірководень	0,07	0,008
	Оксид вуглецю	5,0	5,0
	Пил нетоксичний	2,8	0,5
	Сажа (кіптява)	0,3	0,15
	Діоксид азоту	0,2	0,085
9	Сірчистий газ	1,2	0,5
	Оксид вуглецю	6,0	5,0
	Соляна кислота	4,0	0,2
	Діоксид азоту	0,085	0,085
	Сірчана кислота	0,5	0,3
	Пил нетоксичний	4,0	0,5
10	Сірчистий газ	0,4	0,5
	Сірководень	0,2	0,008
	Акролеїн	0,08	0,03
	Ізопропілбензол	0,04	0,014
	Сажа (кіптява)	4,0	0,15
	Свинець сірчистий	0,005	0,0017
11	Оксид азоту	0,9	0,6
	Діоксид азоту	0,1	0,085
	Аміак	0,4	0,2
	Фтористий водень	0,09	0,02
	Сірчана кислота	0,9	0,3
	Фосфорний ангідрид	0,4	0,15
	Азотна кислота	0,5	0,4
12	Оксид вуглецю	7,0	5,0
	Аміак	0,6	0,2
	Азотна кислота	0,8	0,4
	Нітрат амонію (пил)	0,7	0,3
13	Оксид азоту	0,8	0,6
	Діоксид азоту	0,3	0,085
	Сірчистий газ	0,9	0,5
	Сірчана кислота	0,4	0,3

## Продовження таблиці 2

14	Сірководень	0,08	0,008
	Хлор	0,6	0,1
	Сірчистий газ	0,9	0,5
	Метилмеркаптан	0,0001	9,10
	Диметилсульфід	0,19	0,08
15	Оксид азоту	0,9	0,6
	Діоксид азоту	0,4	0,085
	Сірчистий газ	1,0	0,5
	Сірководень	0,04	0,008
	Оксид вуглецю	8,0	5,0
16	Фосфору п'ятиоксид ( $P_2O_5$ )	0,4	0,15
	0-фосфорна кислота	0,9	0,02
	Фтористий водень	0,5	0,02
	Фосфат кальцій (пил)	2,0	0,5
	Пил нетоксичний	4,0	0,5
17	Хлористий водень	0,9	0,2
	Хлор	0,6	0,1
	Оксид азоту	1,4	0,6
	Діоксид азоту	0,7	0,085
	Аміак	0,95	0,2
18	Хлористий водень	0,8	0,2
	Хлор	0,7	0,1
	Ртуть	0,004	0,0003
	Хлорид кальцію (пил)	2,0	0,5
	Оксид азоту	1,2	0,6
19	Оксид заліза ( $Fe_2O_3$ )	0,2	0,04
	Сульфат заліза	0,02	0,007
	Діоксид титану (пил)	1,3	0,5
	Оксид заліза ( $FeO$ )	0,1	0,04
	Сірчана кислота	0,9	0,3
20	Оксид вуглецю	8,7	5,0
	Аміак	0,9	0,2
	Азотна кислота	1,0	0,4
	Нітрат амонію (пил)	1,5	0,3
	Діоксид азоту	0,5	0,085
21	Оксид азоту	1,3	0,6
	Діоксид азоту	0,6	0,085
	Аміак	0,9	0,2
	Сірчана кислота	1,0	0,3
	Сульфат амонію (пил)	1,6	0,5

## Продовження таблиці 2

22	Ацетальдегід	0,4	0,01
	Диметилкетон	0,9	0,1
	Метанол	2,6	1,2
	Оксид вуглецю	7,9	5,0
	Діоксид азоту	0,4	0,085
23	Оксид вуглецю	8,3	5,0
	Аміак	1,0	0,2
	Азотна кислота	1,3	0,4
	Нітрат амонію (пил)	1,7	0,3
	Діоксид азоту	0,7	0,085
24	Аміак	0,8	0,2
	Оксид вуглецю	6,2	5,0
	Нітрат амонію (пил)	1,1	0,3
	Азоту діоксид	0,3	0,085
	Азоту оксид	1,4	0,6
25	Оксид азоту	0,9	0,6
	Діоксид азоту	0,4	0,085
	Аміак	1,3	0,2
	Фтористий водень	0,5	0,02
	Сірчана кислота	1,3	0,3
	Азотна кислота	1,2	0,4

Таблиця 3 – Варіанти контрольного завдання № 2

№ з/п	Стічні води підприємства	Номер варіанта																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Витрата стічних вод, м <sup>3</sup> /с	3	2,5	3,5	4	4,5	10	15	20	18	5	8	12	25	4	7,5	9,5	2,1	223	15	4,5	10	20	8	15	6,5
2	Концентрація завислих речовин, мг/л	180	220	210	200	215	165	195	240	175	320	200	220	300	175	120	210	185	240	260	320	220	190	175	220	210
3	Час протікання води від місця скидання до розрахункового розчину, доб.	0,3	1	0,7	0,8	1,2	1,5	2,0	2,5	0,5	1,25	0,5	2,2	0,9	1,7	2,0	1,6	0,5	0,4	1,8	2,2	2,0	0,4	1,0	2,2	0,8
4	Повна біохімічна потреба стічної води в кисні, мг/л	89	130	220	400	250	420	600	310	160	320	95	520	410	280	170	220	600	310	160	130	100	90	105	110	95
5	Зміст кислоти в стічних водах, мг-екв/л	78	350	56	35	210	70	270	75	220	95	35	70	275	210	93	57	76	320	40	200	66	290	80	200	90
6	Температура стічних вод, °С	38	30	27	32	31	40	39	32	36	21	40	28	35	29	37	20	39	33	34	36	28	29	36	21	37

№ з/п	Вміст шкідливих речовин в стічних водах	Номер варіанта																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Миш'як	0,06	0,07		0,04	0,01	0,02	0,80	0,5	0,9	1,0	0,06		0,07	0,01	0,04	0,8	0,02	0,5	0,9	1,0	0,06		0,01	0,05	0,6
2	Ртуть	0,05	0,01	0,06		1,2	1,6	0,3			0,6	0,05	0,02	0,04		1,0	1,5	0,4			0,5	6,02		0,03		0,9
3	Селен	0,03	0,04	0,02	0,01	0,05	0,04			0,03		0,03	0,04	0,02	0,01	0,05	0,04			0,03			0,04	0,01	0,02	0,06
4	Свинець	0,5	0,2	0,03		2,1	3,0	1,0	0,7			0,4	0,01	0,03		2,0	3,1	1,2	0,8			0,3	0,2	0,04		1,9
5	Кадмій			0,02		1,7	1,0	1,5	3,0	1,5				0,01		1,6	1,1	1,4	2,9	1,4	3,0		1,4	1,0	1,8	0,02
6	Цинк	2,1	1,5	1,2	1,8	4,0	5,0	3,0	2,5	5,0	2,4	2,2	1,6	1,3	1,7	3,9	4,9	2,9	2,4	5,0	2,5	2,4	1,2	1,8	2,8	3,4
7	Фтор	1,5	2,1	2,6	2,4	1,2	2,8	2,0	1,8	2,6	1,8	1,5	2,1	2,5	2,7	1,1	2,9	1,9	1,6	2,8	1,5	2,0	2,8	2,6	1,7	1,4
8	Аміак (по азоту)	2,0		3,5	6	20	5,0			3,5	10	2,0		3,4	6,2	22	5,5		3,3	9,8	2,2	3,3	7,3	18	5,0	
9	Нітрати (по азоту)	13	12	10	15	16	10	9,0	20	6,0	7,0	13	11	9	16	18		9	22	5,7	6,2	11	6,4	7		10
10	Нафта	0,07	0,09	0,2	3,0	0,5	1,5	2,5	0,8	0,5	0,6		0,06		0,08			0,2	1,5	2,5	0,8	0,5	0,6	0,09	0,2	3,0
11	Фенол	2,6	2,2	3,5	2,7		0,05	0,50	3,1	0,6		2,5	2,1		3,4		2,6	0,05	0,4	1,2	0,7	0,04	3,2	2,4		
12	Бензол			0,6	0,4		1,0	2,0		0,1	0,8	0,2	1,0	2,0	0,01	0,6	0,4	0,5	0,8	0,9	1,2	2,0	0,5	0,2	0,4	0,8
13	Ціаніди							0,06		0,3	0,1		0,04		0,3											

№ з/п	Показники річкової води, куди скидаються стічні	Номер варіанта																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Витрата води, м <sup>3</sup> /с	36	70	102	87	150	280	52	56	280	162	40	80	110	95	170	290	600	530	320	180	45	120	92	100	140
2	Коефіцієнт змішування	0,3	0,25	0,35	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,3	0,25	0,35	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,6	0,2	0,3	0,35	0,25
3	Концентрація завислих речовин до скидання стічних вод, мг/л	6	10	12	4	7	11	13	10,5	9,5	11,5	5	11	13	3	8	12	15	11,5	10,5	8,8	5,2	10,9	12,8	4	9
4	Біохімічна потреба в кисні, мг/л	23	1,8	2,1	2,2	1,7	2,5	2,4	2,6	2,2	2,0	2,3	1,9	2,0	2,2	1,8	1,7	2,5	2,4	2,6	2,2	2,0	1,9	1,7	1,6	2,3
5	pH	7,0	7,2	6,9	7,8	7,3	6,8	8,0	8,2	6,6	7,8	7,0	7,2	6,9	7,8	7,3	6,8	8,0	8,2	6,6	7,8	7,0	7,2	6,9	7,8	7,3
6	Лужність мг/л	3,5	3,2	5,0	3,0	7,0	6,0	3,3	4,6	6,5	3,0	3,5	3,2	5,0	3,0	7,0	6,0	3,3	4,6	6,5	3,0	3,5	3,2	5,5	3,2	6,9
7	Максимальна температура в найбільш теплий літній місяць до спуску стічних вод, °С	19	17	16	22	18	15	20	19	14	13	19	17	16	22	18	15	20	19	14	13	19	17	16	22	18

## Продовження таблиці 3

№ з/п	Вміст шкідливих речовин в річковій воді, мг/л	Номер варіанта												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Кадмій	0,0002	0,0001		0,0003	0,0001	0,0002	0,0003			0,0003	0,0003	0,0001	
2	Ртуть	0,0001			0,0001	0,0001					0,0003	0,0001	0,0001	3,0002
3	Свинець	0,001	0,005			0,005	0,005	0,006	0,03	0,01		0,001	0,005	
4	Цинк	0,05	0,02	0,005			0,01	0,02	0,05	0,006	0,01	0,05		0,02
5	Фтор	0,2	1,2	0,8	0,3	0,4	0,8	1,2	0,8	1,2	1,0		0,2	1,2
6	Миш'як			0,02					0,01	0,03				0,02
7	Аміак	0,03	0,4	0,01	0,5		0,05		0,2	0,03	0,01	0,03	0,4	0,01
8	Нітрати	2,0	4,0	3,0	1,5	1,8	3,0	2,0	2,0	0,6	2,0	2,0	4,0	3,0
9	Бензол	0,2		0,05		0,03						0,2		
10	Нафта				0,01	0,01		0,01		0,01	0,05			0,001
11	Фенол				0,0005								0,0005	

## Продовження таблиці 3

№ з/п	Вміст шкідливих речовин в річковій воді, мг/л	Номер варіанта											
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Кадмій	0,0003	0,0001	0,0002	0,0003			0,0003	0,0002	0,0001		0,0004	0,0001
2	Ртуть		0,0002		0,0001	0,0001	0,0002		0,0001	0,0003	0,0001	0,0002	
3	Свинець	0,005	0,006	0,03		0,01	0,005	0,006			0,01	0,03	0,002
4	Цинк			0,005	0,01	0,02	0,05	0,001	0,01	0,05	0,003		0,005
5	Фтор	0,8	0,3	0,4	0,8	1,2	0,8	1,2		0,2	0,8		1,2
6	Миш'як				0,01		0,003					0,009	
7	Аміак	0,5		0,05		0,2	0,03	0,01	0,01	0,4	0,05	0,01	0,03
8	Нітрати	1,5	1,8	3,0	2,0	2,0	0,6	2,0	2,1	3,9	2,8	1,4	1,7
9	Бензол					0,1			0,3				0,1
10	Нафта	0,05			0,01			0,02			0,001	0,002	
11	Фенол									0,0005			

Таблиця 4 – Господарське призначення водойми

№ варіанта	Мета водокористування
1	Господарсько-питне водопостачання
2	Культурно-побутове водопостачання
3	Господарсько-питне водопостачання
4	Господарсько-питне водопостачання
5	Постачання водою молокозаводу
6	Постачання водою хлібозаводу
7	Для спорту і відпочинку
8	Постачання водою кондитерської фабрики
9	Культурно-побутове водопостачання
10	Господарсько-питне водопостачання
11	Господарсько-питне водопостачання
12	Культурно-побутове водопостачання
13	Господарсько-питне водопостачання
14	Господарсько-питне водопостачання
15	Постачання водою молокозаводу
16	Постачання водою хлібозаводу
17	Для спорту і відпочинку
18	Постачання водою кондитерської фабрики
19	Культурно-побутове водопостачання
20	Господарсько-питне водопостачання
21	Господарсько-питне водопостачання
22	Постачання водою молокозаводу
23	Постачання водою хлібозаводу
24	Для спорту і відпочинку
25	Постачання водою кондитерської фабрики

Таблиця 5 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування

№ з/п	Найменування речовини	Лімітуючий показник шкідливості	Гранично допустима концентрація, мг/л	Клас небезпеки
1	Аміак	с.-т.	2,0	3
2	Бензол	с.-т.	0,5	2
3	Кадмій	с.-т.	0,001	2
4	Миш'як	с.-т.	0,05	2
5	Нафта	орг. плівка	0,1	4
6	Нітрати	с.-т.	45,0	3
7	Ртуть	с.-т.	0,0035	1
8	Свинець	с.-т.	0,03	2
9	Селен	с.-т.	0,01	2
10	Сульфолен	заг.	0,1	3
11	Фенол	орг. запах	0,001	4
12	Фтор	с.-т.	1,5	2
13	Ціаніди	с.-т.	0,1	2
14	Цинк	заг.	1,0	3

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С. Промислова екологія : навч. посіб. Київ: Знання, 2005. 474 с.

2. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія та охорона навколишнього середовища : навч. посіб. Суми: ВТД «Університетська книга», 2002. 284с.

3. Про енергозбереження [Текст] : Закон України // Постанова Верховної Ради України № 75/94-ВР від 01.07.1994. // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 30. – Ст. 38.

4. Левандовський Л. В., Бублієнко Н.О., Семенова О.І. Природоохоронні технології та обладнання : Київ : НУХТ, 2013. 243 с.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Методичні вказівки з виконання контрольного завдання № 1 .....	6
Методичні вказівки з виконання контрольного завдання № 2 .....	8
1. Визначення ступеня розведення стічних вод.....	8
2. Розрахунок ступеня очищення стічних вод від завислих речовин.....	9
3. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод по БПК суміші річкової води і стічних вод .....	10
4. Розрахунок ступеня очищення стічних вод зі зміни рН.....	11
5. Розрахунок температури стічних вод перед скиданням у водоймі....	12
6. Розрахунок ступеня очищення стічних вод від шкідливих речовин .....	13
Варіанти до контрольного завдання № 1 .....	15
Таблиця 2 - (до контрольного завдання № 1) .....	20
Таблиця 3 - Варіанти контрольного завдання № 2.....	24
Таблиця 4 - Господарське призначення водойми.....	29
Таблиця 5 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування.....	30
Список літератури.....	31

Навчальне видання

**Методичні вказівки**

для самостійної роботи студентів з курсів "Природоохоронні та енергозберігаючі системи",  
"Екологія" та виконання розрахункового завдання для студентів спеціальності 174  
"Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка " та 133 "Галузеве  
машинобудування"

денної та заочної форм навчання

Укладачі:

ШУТИНСЬКИЙ Олександр Григорович  
БАЙРАЧНИЙ Володимир Борисович  
БАБІЧЕНКО Анатолій Костянтинович  
КРАСНІКОВ Ігор Леонідович  
ЛИСАЧЕНКО Ігор Григорович  
ЛОБОЙКО В'ячеслав Олександрович

Відповідальний за випуск Дзевочко О.М.

Роботу до видання рекомендувала КРИЛОВА В.А

В авторській редакції

План 2024р., поз. 195

Підп. до друку 15.02.2024

Гарнітура Times New

---

Видавничий центр НТУ «ХП».  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

---

Самостійне електронне видання