

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Т. О. ГОЛУБЧЕНКО, О. Г. БІДНІЧЕНКО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ до практичних занять з дисципліни "ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ"

Рекомендовано Методичною радою НУК

Електронне видання
комбінованого використання на DVD-ROM



МИКОЛАЇВ • НУК • 2013

УДК 331.4:614.8(076)
ББК 65.9(2)248я73
Г 62

Укладачі:

Т. О. Голубченко, старш. викладач;

О. Г. Бідніченко, асистент

Рецензент О. К. Чередніченко, канд. техн. наук, доцент

Голубченко Т. О.

Г 62 Методичні вказівки та завдання до практичних занять з дисципліни
"Охорона праці в галузі" / Т. О. Голубченко, О. Г. Бідніченко. –
Миколаїв : НУК, 2013. – 122 с.

У даних методичних вказівках з кожної тематики практичних
занять наведені необхідні відомості, методика розрахунку, порядок
виконання завдання, необхідна довідкова інформація,
а також приклади щодо вирішення конкретних питань для поліп-
шення умов праці на виробництві.

Призначені для студентів усіх спеціальностей, які вивчають дис-
ципліну "Охорона праці в галузі", а також можуть використовувати-
тись при виконанні розділу "Охорона праці" в дипломних проектах.

УДК 331.4:614.8(076)

ББК 65.9(2)248я73

Навчальне видання

**ГОЛУБЧЕНКО Тетяна Олександрівна
БІДНІЧЕНКО Ольга Григорівна**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ до практичних занять з дисципліни "ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ"

Комп'ютерне складання та верстання *Н. В. Ялова*
Коректор *М. О. Паненко*

© Голубченко Т. О., Бідніченко О. Г., 2013

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2013

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 7,1. Обсяг даних 8000 кб.
Тираж 14 прим. Вид. № 12. Зам. № 188.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова,
просп. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

ВСТУП

"Охорона праці в галузі" – нормативна дисципліна, яка вивчається з метою формування у майбутніх фахівців (спеціалістів та магістрів) умінь і компетенцій для забезпечення ефективного управління охороною праці та поліпшення умов праці з урахуванням науково-технічного прогресу, а також в усвідомленні єдності професійної діяльності з обов'язковим дотриманням усіх вимог безпеки праці у конкретній галузі.

Завданням вивчення дисципліни "Охорона праці в галузі" є необхідність забезпечення гарантій збереження здоров'я і працездатності робітників у виробничих умовах.

Конкретні виробничі умови характеризуються цілим рядом ризиків, загроз і небезпек на робочих місцях та виробничих об'єктах. Для усунення їх дій необхідно провести аналіз існуючих ризиків і небезпек, умов праці, технологічних процесів, виробничого обладнання, робочих місць, трудових операцій та організації виробництва і розробити заходи та засоби для створення здорових і безпечних умов праці.

Основну увагу в "Практичних заняттях з дисципліни "Охорона праці в галузі" приділено розрахунковим методам проектування безпечних видів устаткування та засобам щодо забезпечення нормальних, безпечних умов праці.

У методичних вказівках наведено: метод розрахунку систем штучного освітлення з використанням світлодіодних джерел освітлення та світильників, розрахунок захисного заземлення, шуму у виробничих приміщеннях. Оцінка умов праці на підставі "Гігієнічної класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу" зроблена в роботах по розрахунку інтегральної бальної оцінки умов праці при дії хімічних факторів. Також наведено розрахунок чисельності служби охорони праці, який повинен забезпечити ефективне функціонування системи охорони праці на підприємствах та в організаціях.

Практична робота № 1

РОЗРАХУНОК ЧИСЕЛЬНОСТІ СЛУЖБИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Мета роботи: ознайомитися зі структурою служби охорони праці. Розрахувати чисельність служби охорони праці для підприємств та органів державної виконавчої влади.

1. СТРУКТУРА СЛУЖБИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Структура служби охорони праці визначається відповідно до Типового положення про службу охорони праці НПАОП 0.00-4.21-04, затвердженого наказом Держнагляд-охоронпраці від 15 листопада 2004 р., № 255.

На підприємствах, в установах, організаціях (далі підприємство) служби охорони праці повинні комплектуватися, як правило, спеціалістами наступного профілю:

- інженерами відповідної спеціальності;
- спеціалістами з питань гігієни праці;
- юристами, що спеціалізуються на питаннях законодавства про охорону праці.

При службі охорони праці може створюватися лабораторія, яка здійснює контроль за наявністю шкідливих виробничих факторів на робочих місцях.

На підприємствах виробничої сфери при кількості працюючих до 50 чоловік (невиробничої сфери до 100 чоловік) функції цієї служби можуть виконувати особи з відповідною професійною підготовкою за сумісництвом. Якщо на підприємстві немає спеціалістів відповідної кваліфікації, то воно користується послугами асоціації спеціалістів з охорони праці.

Підприємство, яке не має можливості утримувати при службі охорони праці спеціалістів з гігієни праці, не має своєї лабораторії, користується послугами місцевих санітарно-епідеміологічних станцій на договірних основах.

При відсутності на підприємстві юридичної служби використовуються спеціалісти юридичної служби іншого підприємства або послуги юридичних консультацій (за договором).

2. ЧИСЕЛЬНІСТЬ СЛУЖБИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

2.1. Розрахунок чисельності служби охорони праці на підприємстві

На підприємствах (у виробничих, науково-виробничих об'єднаннях) при чисельності працюючих від 51 до 500 чоловік включно (невиробнича сфера – від 101 до 500) таку службу повинен представляти один спеціаліст з охорони праці з інженерно-технічною освітою.

На підприємствах, де використовуються вибухові матеріали або сильнодіючі отруйні речовини, така служба повинна складатися з двох спеціалістів.

При наявності на підприємстві інституту заступників керівника підприємства, керівник служби охорони праці, незалежно від чисельності працюючих, повинен назначатися

на посаду заступника керівника підприємства (заступника генерального директора, директора і т. д. – залежно від структури підприємства).

Розрахунок чисельності працівників служби охорони праці в залежності від небезпеки та шкідливості виробництва на підприємствах з кількістю працюючих більше 500 чоловік здійснюється за формулою:

$$M_1 = 2 + \frac{P_{сер} \cdot K_{ш}}{\Phi}, \quad (1.1)$$

де: M_1 – чисельний склад служби охорони праці на підприємстві;

$P_{сер}$ – середня чисельність робітників на підприємстві;

Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці, що дорівнює 1820 годин і враховує втрати робочого часу на можливі захворювання, відпустки та ін.;

$K_{ш}$ – коефіцієнт, який враховує шкідливість та небезпеку виробництва:

$$K_{ш} = 1 + \frac{P_{ш} + P_a}{P_{сер}},$$

де: $P_{ш}$ – чисельність працюючих зі шкідливими речовинами, незалежно від рівня їх концентрації;

P_a – чисельність працюючих на роботах підвищеної небезпеки (підлягають щорічній атестації з охорони праці).

Пояснення: $K_{ш}$ максимально може дорівнювати 3 у випадку, коли всі робітники працюють зі шкідливими речовинами та всі вони підлягають щорічній атестації з питань охорони праці, тобто $P_{ш} + P_a = 2P_{сер}$.

Примітка. Розрахунок чисельності служби охорони праці на підприємстві не враховує спеціалістів з охорони

навколишнього середовища, спеціалістів, що здійснюють технічний огляд та випробування котлоагрегатів, підйомних споруд та інших об'єктів на їх відповідність до встановлених вимог – ці робітники не входять до складу служби охорони праці.

Дані для виконання розрахунку наведені в таблиці 1.1.

2.2. Розрахунок чисельності служби охорони праці об'єднання підприємств та галузевого управління держадміністрації*

$$M_2 = 2 + \frac{P_2 \cdot K_2}{\Phi}, \quad (1.2)$$

Кількість дошкільних установ, підприємств зі шкідливим та небезпечним виробництвом, шкіл, що мають свої виробничо-навчальні бази	K_2
при відсутності та до 10	7
від 11 до 100	10
більше 100	20

де: P_2 – кількість підприємств, які мають чисельність більше 150 чоловік штатного персоналу;

K_2 – коефіцієнт, який враховує кількість дошкільних установ, підприємств зі шкідливим та небезпечним виробництвом, шкіл, які мають свої виробничо-навчальні бази;

Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці (1820 годин).

Дані для виконання розрахунку наведені в таблиці 1.2.

2.3. Розрахунок чисельності служби охорони праці міністерства, державного комітету, концерну, корпорації та інших об'єднань підприємств, створених за галузевим принципом

$$M_3 = 2,4 + \frac{P_3 \cdot K_3}{\Phi}, \quad (1.3)$$

* Маються на увазі асоціації, корпорації, концерни та інші об'єднання підприємств, створені не за галузевим принципом, а також управління культури, просвіти та ін. у держадміністраціях.

Таблиця 1.1. Дані для розрахунку чисельності служби охорони праці на підприємстві

Назва параметрів розрахунку	Номер варіанта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Загальна кількість робітників, $P_{сер}$	700	1600	10000	26000	600	800	900	1000	1100	1200	550	750	1300	140	150
Працюють зі шкідливими речовинами, $P_{ш}$	400	1400	6000	15000	200	300	100	400	600	700	150	200	650	35	55
Працюють на роботах підвищеної небезпеки, $P_{д}$	300	200	4000	10000	400	500	800	600	500	500	400	550	1235	105	95

Таблиця 1.2. Дані для розрахунку чисельності служби охорони праці об'єднання підприємств та галузевого управління держадміністрації

Назва параметрів розрахунку	Номер варіанта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кількість навчальних закладів з чисельністю робітників більше 150 чол., P_2	5	10	6	4	3	8	9	2	7	10	11	12	14	15	18
Кількість шкільних закладів з виробничо-навчальною базою, а також дошкільних закладів, N	80	70	90	50	40	100	120	30	130	150	7	140	160	90	150

де: P_3 – кількість підприємств в галузі, які мають більше 150 працівників;

Кількість підприємств, що мають шкідливі та небезпечні виробництва	K_3
при відсутності та до 10	7
від 11 до 100	10
більше 100	20

K_3 – коефіцієнт, який враховує кількість підприємств, що мають шкідливі та небезпечні виробництва;

Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці (1820 годин).

Для розрахунку приймається, що підприємство зі шкідливим та небезпечним виробництвом – це таке підприємство, де кількість працюючих у шкідливих та небезпечних умовах праці складає не менше 60% від середньої чисельності працівників на підприємстві.

Дані для виконання розрахунку наведені в таблиці 1.3.

2.4. Розрахунок чисельності служби охорони праці районного органу державної виконавчої влади

$$M_2 = 1 + \frac{P_4 \cdot K_4}{\Phi}, \quad (1.4)$$

Кількість підприємств, що не мають власної та вищої служби охорони праці	K_4
при відсутності та до 10	0,1
від 11 до 50	0,2
від 51 до 200	0,3
більше 200	0,4

де: P_4 – кількість підприємств, установ, організацій (кооперативів, колхозів, совхозів, арендних фермерських господарств та ін.);

K_4 – коефіцієнт, що враховує кількість підприємств, які не мають власної та вищої служби охорони праці;

Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці (1820 годин).

Дані для виконання розрахунку наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.3. Дані для розрахунку чисельності служби охорони праці міністерства, державного комітету, концерну, корпорації та інших об'єднань підприємств, створених за галузевим принципом

Назва параметрів розрахунку	Номер варіанта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кількість підприємств з чисельністю робітників більше 150 чол., P_3	600	22	900	1000	500	800	700	18	16	20	24	25	26	32	36
Кількість підприємств зі шкідливим та небезпечним виробництвом, N	200	-	50	200	-	100	80	8	11	-	18	17	20	16	19

Таблиця 1.4. Дані для розрахунку чисельності служби охорони праці районного органу державної виконавчої влади

Назва параметрів розрахунку	Номер варіанта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кількість підприємств, P_4	1000	12000	900	11000	800	13000	1100	1200	1500	15000	1800	1900	2000	3000	4000
Кількість підприємств, які не мають служби охорони праці, N	30	250	25	300	400	400	250	100	30	450	8	70	45	140	10

2.5. Розрахунок чисельності служби охорони праці міського, обласного органів державної виконавчої влади

$$M_5 = 1 + \frac{P_5 \cdot K_5}{\Phi}, \quad (1.5)$$

Кількість підприємств зі шкідливим та небезпечним виробництвом	K_5
при відсутності та до 10	70
від 11 до 20	100
більше 20	300

де: P_5 – кількість районів та міст обласного підпорядкування в області;

K_5 – коефіцієнт, що враховує кількість підприємств зі шкідливим та небезпечним виробництвом;

Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці (1820 годин).

Дані для виконання розрахунку наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5. Дані для розрахунку чисельності служби охорони праці міського, обласного органів державної виконавчої влади

Назва параметрів розрахунку	Номер варіанта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кількість районів, P_5	18	22	15	16	20	24	19	17	23	25	21	26	14	12	10
Кількість підприємств за шкідливим та небезпечним виробництвом, N	5	22	4	0	10	24	6	21	0	34	18	40	7	2	19

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з правилами визначення та побудови структури охорони праці.

2. Вивчити методи розрахунку чисельності служби охорони праці на підприємстві та в органах державної виконавчої влади.

3. Отримати варіанти завдань для виконання розрахунку у викладача.

4. Скласти звіт з виконаної роботи.

ЗАВДАННЯ 1. На підприємстві працює $P_{сер}$ чоловік, з них $P_{ш}$ – зі шкідливими речовинами та P_a чоловік – на роботах підвищеної небезпеки.

ЗАВДАННЯ 2. В обласному управлінні освіти нараховується P_2 навчальних закладів, в яких чисельність штатних робітників перевищує 150 чоловік, та N шкільних закладів з виробничо-навчальною базою, а також дошкільних закладів.

ЗАВДАННЯ 3. У міністерстві P_3 підприємств, що мають чисельність більше 150 чоловік, з них N – зі шкідливим та небезпечним виробництвом.

ЗАВДАННЯ 4. В районі P_4 підприємств, з них не мають власної та вищої служби охорони праці – N .

ЗАВДАННЯ 5. В області P_5 районів та N підприємств, які мають шкідливі та небезпечні виробництва.

Практична робота № 2

РОЗРАХУНОК ІНТЕГРАЛЬНОЇ БАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ВАЖКОСТІ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Мета роботи: визначити важкість та напруженість праці для робочих місць різних професій.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Комплексну оцінку факторів робочого середовища проводять на основі методики фізіологічної класифікації важкості робіт.

Важкість праці – характеристика трудового процесу, що відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму (серцево-судинну, дихальну та ін.), що забезпечують його діяльність.

Важкість праці характеризується:

- фізичним динамічним навантаженням;
- масою вантажу, що піднімається і переміщується;
- загальним числом стереотипних робочих рухів;
- розміром статичного навантаження, робочою позою;
- ступенем нахилу корпусу;
- переміщенням у просторі.

Напруженість праці – характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника. До факторів, що характеризують напруженість праці, відносяться:

- інтелектуальні,
- сенсорні,
- емоційні навантаження,
- ступінь монотонності навантажень,
- режим роботи.

Небезпечний виробничий фактор – фактор середовища і трудового процесу, який може бути причиною гострого захворювання або раптового погіршення здоров'я і смерті.

Залежно від кількісної характеристики рівнів і тривалості дії окремі шкідливі виробничі фактори можуть стати небезпечними.

Принципи класифікації умов праці:

1 клас – ОПТИМАЛЬНІ умови праці – такі умови, при яких зберігається не лише здоров'я працюючих, а й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності.

Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих факторів встановлені для мікроклімату і факторів трудового процесу. Для інших факторів за оптимальні умовно приймаються такі умови праці, при яких несприятливі фактори виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих за безпечні для населення.

2 клас – ДОПУСТИМІ умови праці – характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу на стан здоров'я працюючих та їх потомство в найближчому і віддаленому періодах.

3 клас – ШКІДЛИВІ умови праці – характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи і здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого та/або його потомство.

Шкідливі умови праці за ступенем перевищення гігієнічних нормативів та вираженості можливих змін в організмі працюючих поділяються на 4 ступені:

1 ступінь (3.1) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які, як правило, викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту зі шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я;

2 ступінь (3.2) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення, призводять у більшості випадків до зростання виробничо-обумовленої захворюваності, появи окремих ознак або легких форм професійної патології (як правило, без втрати професійної працездатності), що виникають після тривалої експозиції (10 років та більше);

3 ступінь (3.3) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і тру-

дового процесу, які призводять, окрім зростання виробничо-обумовленої захворюваності, до розвитку професійних захворювань, як правило, легкого та середнього ступенів важкості (з втратою професійної працездатності в період трудової діяльності);

4 ступінь (3.4) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні призводити до значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, а також до розвитку важких форм професійних захворювань (з втратою загальної працездатності);

4 клас – НЕБЕЗПЕЧНІ (ЕКСТРЕМАЛЬНІ) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких протягом робочої зміни (або ж її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень.

2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

Для визначення категорії важкості робіт кожен з чинників робочого середовища, який реально діє на людину (див. табл. 2.1.), оцінюють за бальною шкалою і визначають інтегральну бальну оцінку важкості та напруженості праці.

Інтегральна бальна оцінка важкості та напруженості праці

$$T = x_{\max} + \left[(6 - x_{\max}) \sum_{i=1}^n x_i \right] / [6 \cdot (N - 1)], \quad (2.1)$$

де: $x_{\max}$ – найвища з отриманих окремих бальних оцінок; N – загальна кількість факторів; x_i – бальна оцінка за i -м з врахованих факторів (окрема бальна оцінка); n – кількість врахованих факторів без урахування одного фактору $x_{\max}$.

Таблиця 2.1. Критерії для бальної оцінки факторів робочого середовища

Фактор робочого середовища	Оцінка, бали					
	1	2	3	4	5	6
Температура повітря на робочому місці, °С:						
теплій період	18...20	21...22	23...28	29...32	33...35	> 35
холодний період	20...22	17...19	15...16	7...14	Нижче +7	-
Токсична речовина, кратність перевищення ГДК, разів	-	≤ 1	1,0...2,5	2,6...4,0	4,0...6,0	> 6
Промисловий пил, кратність перевищення ГДК, разів	-	≤ 1,0	1...5	6...10	11...30	> 30
Вібрація, перевищення ГДР, дБ	Нижче ГДР	На рівні ГДР	1...3	4...6	7...9	> 9
Промисловий шум, перевищення ГДР, дБ	< 1	Дорівнює ГДР	1...5	6...10	> 10	> 10 з вібрацією
Ультразвук, перевищення ГДР, дБ	< 1	Дорівнює ГДР	1...5	6...10	11...20	> 20
Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²	≤ 140	141...1000	1001...1500	1501...2000	2001...2500	> 2500

Освітленість робочого місця, лк: мін. об'єкт розрізн., мм розряд роботи	> 1 5...9	1,0...0,3 3...4	< 0,3 1...2	> 0,5 4...9	< 0,5 1...3	- -
Фізичне динамічне навантаження, Дж: загальна $\times 10^5$ регіональна $\times 10^5$	4,2 2,1	4,3...8,3 2,2...4,2	8,4...12 4,3...6,2	13...17 6,3...8,3	18...20 8,4...10	> 20
Фізичне статичне навантаження, Н·с: на одну руку $\times 10^4$ на дві руки $\times 10^4$	< 18 < 43	18...36 43...86	37...70 87...144	71...97 145...220	> 97 > 220	- -
Робоче місце (РМ), поза та переміщення в просторі	РМ стаціонарне, поза вільна, маса вантажа, до 5кг	РМ стаціонарне, поза вільна, маса вантажа, вище 5кг	РМ стаціонарне, поза не вільна, до 25% часу – в наклонному положенні до 30°	РМ стаціонарне, поза вимущена – вище 50% робочої зміни	РМ стаціонарне, поза вимущена, незручна – вище 50% робочої зміни	РМ стаціонарне, поза вимущена, нахили під кутом 60° до 300 разів за зміну
Змінність	Ранкова зміна	Дві зміни	Три зміни	Нерегулярні зміни	-	-
Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	-	< 8	< 12	< 12	-	-

Продовж. табл. 2.1

Фактор робочого середовища	Оцінка, бали					
	1	2	3	4	5	6
Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни	< 25	25...50	51...75	76...90	> 90	-
Кількість важливих об'єктів спостереження	< 5	5...10	11...25	> 25	-	-
Темп (кількість рухів за годину): дрібних (кисті) великих (руки)	< 360 < 250	361...720 251...500	721...1080 501...750	1081...3000 751...1600	> 3000 > 1600	- -
Кількість сигналів за годину	< 75	76...175	176...300	> 300	-	-
Монотонність: кількість прийомів в операції	> 10	6...10	3...5	3...5	2...1	2...1
Тривалість повторюваних операцій	> 100	31...100	20...30	10...19	5...9	1...4

Режим праці та відпочинку	Обгрунтований, з увімкненням музики та гімнастики	Обгрунтований, без увімкнення музики та гімнастики	Відсутність обгрунтованого режиму праці та відпочинку	-	-
Нервово-емоціональне навантаження	Прості дії за індивідуальним планом	Прості дії за заданим планом	Складні дії за заданим планом з можливістю корегування	Складні дії за заданим планом при дефіциті часу	Відповідальність за безпеку людей. Особливий ризик при дефіциті часу

Дана формула справедлива, якщо кожен з врахованих факторів діє протягом усього робочого дня, тобто 8 год (480 хв). Якщо який-небудь з факторів діє менше 8 годин, то його фактична оцінка

$$x_{\phi i} = x_i \cdot t_{num} = x_i \cdot (t_i / 480), \quad (2.2.)$$

де t_{numi} – питома вага часу дії i -го фактора в загальній тривалості робочого дня; t – тривалість дії фактора, хв.

Таким чином, якщо за варіантом робіт виявиться, що який-небудь фактор діє менше 480 хв, то в формулу (2.1) в якості значення x по даному фактору слід підставляти значення x_{ϕ} , що визначається за формулою (2.2).

Для зручності виконання завдання всі проміжні розрахунки слід заносити до табл. 2.2. в наступній послідовності (по кожному рядку):

- записати фактор середовища з варіанта (графа 1);
- позначити цей фактор як X_i (графа 2);
- виписати значення фактора з варіанта (графа 3);
- визначити, використовуючи дані табл. 2.1, величину фактора X_i у балах і занести результат у графу 4;
- вихідні дані з варіанта (табл. 2.3), дані X_i у балах (з табл. 2.1.) та результати оцінки питомої ваги фактора робочого середовища, $X_{\phi i}$ зводять у таблицю 2.2.

Після розрахунку інтегральної бальної оцінки за формулою (2.1) визначають категорію важкості та напруженості виконуваної роботи.

Інтегральна оцінка, бали	Категорія важкості
до 1,8	1
1,8...3,3	2
3,4...4,5	3
4,6...5,3	4
5,4...5,9	5
більше 5,9	6

Таблиця 2.2. Розрахунок інтегральної бальної оцінки важкості праці

Фактор робочого середовища	Показник	Значення показника (див. табл. 2.3.)	Бальна оцінка фактору (див. табл. 2.1.)	Тривалість дії фактора t_n , хв	Питома вага часу дії фактора (див. формулу 2.2.)	Оцінка питомої важкості фактора робочого середовища X_ϕ
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	X_i					
	...					
	X_n					

Якщо на робочому місці фактичні значення рівня шкідливих факторів знаходяться в межах оптимальних або допустимих величин, умови праці на цьому робочому місці відповідають гігієнічним вимогам і відносяться відповідно до 1 або 2 класу. Якщо рівень хоча б одного фактора перевищує допустиму величину, то умови праці на такому робочому місці, залежно від величини перевищення та відповідно до цих гігієнічних критеріїв, як за окремим фактором, так і при їх поєднанні, можуть бути віднесені до 1 – 4 ступенів 3 класу шкідливих або класу небезпечних умов праці.

Для встановлення класу умов праці перевищення ГДК, ПДР можуть бути зареєстровані протягом однієї зміни, якщо вона типова для даного технологічного процесу. При епізодичному (протягом тижня, місяця) впливі на працівника шкідливого чинника (типовим для даного технологічного процесу, або нетиповим і не відповідним функціональним обов'язкам працівника) його облік та оцінка умов праці проводяться за погодженням з територіальним центром Держсанепіднагляду.

Оцінка умов праці з урахуванням комбінованої та поєднаної дії виробничих факторів проводиться на підставі результатів вимірювань. Оцінюються умови праці для окремих факторів. Результати оцінки шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу вносять в таблицю для загальної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності. Потім встановлюється оцінка шкідливих факторів:

- за найвищим класом та ступенем шкідливості;
- у випадку поєднаної дії 3 і більше факторів, що відносяться до класу 3.1, загальна оцінка умов праці відповідає класу 3.2;
- при поєднанні 2-х і більше факторів 3.2, 3.3, 3.4 – умови праці оцінюються відповідно на одну ступінь вище.

Робота в умовах гігієнічних нормативів повинна здійснюватися з використанням ЗІЗ при адміністративному контролі за їх застосуванням (включення в технологічний регламент, правила внутрішнього розпорядку з заходами заохочення за їх використання та / або адміністративними заходами покарання порушників). Використання ефективних (мають сертифікат відповідності) ЗІЗ зменшує рівень професійного ризику ушкодження здоров'я, але не змінює клас умов праці працівника.

На підставі розрахунків інтегральної бальної оцінки та колективного договору, укладеного з адміністрацією, працівникові диференціюють заробітну плату, тобто встановлюють надбавку, призначають додаткову відпустку чи скорочений робочий день, додаткове профілактичне харчування і т. п.

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вибрати варіант (табл. 2.3.).
2. Вивчити основні положення і методику. Підготувати форму таблиці (див. табл. 2.2.) і занести в неї вихідні дані згідно з даними варіанта.
3. Занести в таблицю величину кожного фактора X_i в балах.
4. Визначити інтегральну бальну оцінку важкості праці за формулою (2.1.) з урахуванням формули (2.2.).
5. Знаючи інтегральну бальну оцінку, визначити категорію важкості праці і дати її визначення.
6. Оформити звіт з виконаної роботи.

Таблиця 2.3. Варіанти завдання до практичної роботи

Варіант	Професія	Фактор робочого середовища та умов праці	Значення показника	Тривалість часу дії
1	2	3	4	5
1	Інженер-розробник	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	18...20	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:	-	420
		- розмір об'єкта, мм	< 0,3	-
		- розряд зорової роботи	2	-
		Перевищення допустимого рівня звуку, дБА	2	240
		РМ стаціонарне, поза вільна.	-	-
		Маса вантажів, які переміщуються	До 5 кг	-
		Робота в ранкову зміну	-	-
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	8	-
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	30	-
		Обгрунтований режим праці та відпочинку із застосуванням функціональної музики та гімнастики.	-	-
		Нервово-емоціональне навантаження виникає в результаті простих дій за індивідуальним планом.	-	-

2	Оператор на ОЦ	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	21...22	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:	-	420
		- розмір об'єкта, мм	< 0,3	-
		- розряд зорової роботи	2	-
		Перевищення допустимого рівня звуку, дБА	0,8	360
		РМ стаціонарне, поза невільна - до 20% часу в нахильному положенні до 30°.		
		Робота в дві зміни		
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	8	-
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	70	-
		Кількість важливих об'єктів спостереження	2	
		Кількість рухів пальців за годину	2600	-
		Монотонність:		
		- кількість прийомів в операції	3	-
		- тривалість повторюваних операцій, с	20	-
		Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики.		
		Нервово-емоціональне навантаження виникає в результаті простих дій за індивідуальним планом.	-	-
				480

1	2	3	4	5
3	Оператор дисплея автоматичної лінії по виробництву виробів механічною обробкою	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	19...20	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:	-	420
		- розмір об'єкта, мм	1	-
		- розряд зорової роботи	4	-
		Певнищення допустимого рівня звуку, дБА	5	240
		РМ стаціонарне, поза невільна - до 20% часу в нахильному положенні до 30°.	-	-
		Робота в три зміни	-	-
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	4	-
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	40	-
		Кількість важливих об'єктів спостереження	8	-
		Кількість рухів пальців за годину	100	-
		Монотонність:		
		- кількість прийомів в операції	6	-
		- тривалість повторюваних операцій, с	20	-

		Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики. Нервово-емоціональне навантаження виникає в результаті складних дій за заданим планом при дефіциті часу та контакту. Промисловий пил, кратність перевищення ГДК	-	-
		Температура повітря на РМ в теплий період року, °С. Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи Перевищення допустимого рівня звуку, дБА РМ стаціонарне, поза вимушена - до 50% часу зміни. Робота в дві зміни Тривалість безперервної роботи протягом доби, год Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	20...22 - < 0,3 1 3 8 8 40	420 420 240 -
4	Інженер, що працює на установці для визначення щільності металу			

1	2	3	4	5
		Шкідлива речовина (тетраброметан), кратність перевищення ГДК Нервово-емоціональне навантаження виникає в результаті простих дій за заданим планом з можливістю корегування.	1,3 -	- -
5	Оператор при роботі з електронним мікроскопом	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	24...26	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:	-	420
		- розмір об'єкта, мм	0,5	
		- розряд зорової роботи	3	
		Статичне фізичне навантаження на дві руки, Н·с	5,0·10 ⁵	200
		Перевищення допустимого рівня звуку, дБА		
		РМ стаціонарне, поза вільна		-
		Робота в ранкову зміну		
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	3	
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	60	

		Відсутність обгрунтованого режиму праці та відпочинку Нервово-емоціональне навантаження зумовлене тривогою за безпеку іншої людини	-	-
6	Інженер на устаткуванні ультразвукової дефектоскопії	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	23	480
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:		420
		- розмір об'єкта, мм	1	
		- розряд зорової роботи	4	
		Перевіщення допустимого рівня звуку, дБА	1,3	420
		РМ стаціонарне, поза невільна - до 10% часу в нахильному положенні до 30°.		360
		Робота в дві зміни		
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	8	
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	20	
		Кількість важливих об'єктів спостереження	2	
		Кількість рухів пальців за годину	100	

1	2	3	4	5
		Монотонність: - кількість прийомів в операції - тривалість повторюваних операцій, с Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики. Нервово-емоціональне навантаження виникає в результаті простих дій за заданим планом.	6 45	
7	Технік, який працює для визначення механічних властивостей виробів	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С. Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи Перевіщення допустимого рівня звуку, дБА РМ стаціонарне, поза вимушена - до 50% часу зміни. Робота в дві зміни Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	24...26 < 0,3 1 3 - 8	320 420

		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	-	
		Шкідлива речовина (тетраброметан), кратність перевищення ГДК	1,3	120
		Нервово-емоціональне навантаження виникає в результаті простих дій за заданим планом з можливістю корегування.		
8	Майстер з ремонту контрольних вимірювальних приладів	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	24...26	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:		480
		- розмір об'єкта, мм	1	
		- розряд зорової роботи	5	
		Статичне фізичне навантаження на дві руки, Н·с	2,0·10 ⁵	320
		Маса вантажу, який переміщують РМ стаціонарне, поза невільна	До 5кг	
		Робота в ранкову зміну	-	
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	8	
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	90	

1	2	3	4	5
		Відсутність обґрунтованого режиму праці та відпочинку Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок складних дій за заданим планом		
		Температура повітря на РМ в теплий період року, °С. Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи Перевищення допустимого рівня звуку, дБА	26 0,45 3 6	480 420 120
9	Інженер-дослідник в центральній заводській лабораторії	РМ стаціонарне, поза невільна - до 50% часу в нахильному положенні. Робота в три зміни Тривалість безперервної роботи протягом доби, год Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни. Кількість важливих об'єктів спостереження Кількість рухів пальців за годину	< 6 60 5 100	

		Монотонність: - кількість прийомів в операції - тривалість повторюваних операцій, с Відсутність обгрунтованого режиму праці та відпочинку Нервово-емоціональне навантаження виникає в результаті складних дій за заданим планом.	6 60	
10	Оператор установки контролю тиску в системі	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С. Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи Перевищення допустимого рівня звуку, дБА Ходьба без вантажу на відстань РМ стаціонарне, поза вільна Робота в ранкову зміну Тривалість безперервної роботи протягом доби, год Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	21...22 0,5 3 2 до 3 км 8 20	420 420

1	2	3	4	5
		Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок складних дій за заданим планом при дефіциті часу та контакту з іншими людьми		
		Температура повітря на РМ в теплий період року, °С. Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи Перевищення допустимого рівня звуку, дБА РМ стаціонарне, поза вільна Робота в ранкову зміну Тривалість безперервної роботи протягом доби, год Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	18...20 < 0,3 2 3 4 90	420 420
11	Співробітник обчислювального центру			

		Обґрунтований режим праці та відпочинку із застосуванням функціональної музики та гімнастики		
		Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок складних дій за заданим планом та спілкуванні з іншими людьми		
12	Оператор на ОЦ	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	21...22	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:		420
		- розмір об'єкта, мм	< 0,3	
		- розряд зорової роботи	2	
		Перевищення допустимого рівня звуку, дБА	1	
		РМ стаціонарне, поза невільна – до 20% в нахильному положенні до 30°		
		Робота в дві зміни		
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	8	
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	70	
		Кількість важливих об'єктів спостереження	2	
		Кількість рухів пальців за годину	1000	

1	2	3	4	5
		Монотонність: - кількість прийомів в операції - тривалість повторюваних операцій, с Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок простих дій за індивідуальним планом	3 20 - -	- -
13	Оператор дисплея в промисловому виробництві	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С. Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи ПЕРЕВИЩЕННЯ ДОПУСТИМОГО РІВНЯ ЗВУКУ, дБА РМ стаціонарне, поза невільна – до 20% в нахильному положенні до 30° Робота в три зміни Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	19...20 < 0,3 2 0,8 4	420 420

		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни. Кількість важливих об'єктів спостереження Кількість рухів пальців за годину Шкідлива речовина (тетраброметан), кратність перевищення ГДК Монотонність: - кількість прийомів в операції - тривалість повторюваних операцій, с Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок простих дій за індивідуальним планом Промисловий пил, кратність перевищення ГДК	50 8 100 1,3 6 20	
14	Оператор стенда контролю автомобільних двигунів	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С. Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи	24...26 1 5	420 480

1	2	3	4	5
		Перевищення допустимого рівня звуку, дБА РМ стаціонарне, поза невільна – до 30% в нахильному положенні до 30° Робота в три зміни Тривалість безперервної роботи протягом доби, год Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни. Кількість важливих об'єктів спостереження Шкідлива речовина, кратність перевищення ГДК Монотонність: - кількість прийомів в операції - тривалість повторюваних операцій, с Об'єднаний режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок складних дій за заданим планом з можливістю коригування	8 8 30 5 3 3 40	240 320 180

15	Контролер продукції	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	24...26	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм: - розмір об'єкта, мм - розряд зорової роботи Статичне фізичне навантаження на дві руки, Н·с Перевищення допустимого рівні звуку, дБА Маса вантажу, який переміщують РМ стаціонарне, поза невідільна Робота в ранкову зміну Тривалість безперервної роботи протягом доби, год Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни. Відсутність обгрунтованого режиму праці та відпочинку Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок простих дій за заданим планом з можливістю коригування	1 5 10 ⁵ 3 до 5 кг 5 70	480 180 420

1	2	3	4	5
16	Оператор тепло- вимірвальних систем	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	21...22	420
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:		420
		- розмір об'єкта, мм	0,4	
		- розряд зорової роботи	3	
		Перевищення допустимого рівня звуку, дБА	2	340
		Ходьба без вантажу на відстань РМ стаціонарне, поза вільна	до 4км	
		Робота в три зміни		
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	8	
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	20	
		Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики		
		Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок складних дій за заданим планом при дефіциті часу		

17	Лаборант на заводі	Температура повітря на РМ в теплий період року, °С.	26	480
		Освітленість РМ на рівні санітарних норм:		420
		- розмір об'єкта, мм	1	
		- розряд зорової роботи	5	
		Промисловий пил, кратність перевищення ГДК	6	420
		Перевищення допустимого рівня звуку, дБА	10	
		РМ стаціонарне, поза невільна – до 10% в нахильному положенні		
		Робота в дві зміни		
		Тривалість безперервної роботи протягом доби, год	8	
		Тривалість зосередженого спостереження, % від тривалості робочої зміни.	20	
		Кількість важливих об'єктів спостереження	2	
Кількість рухів пальців за годину	100			
Монотонність:				
- кількість прийомів в операції	6			
- тривалість повторюваних операцій, с	45			

Продовж. табл. 2.3

1	2	3	4	5
		Обґрунтований режим праці та відпочинку без застосування функціональної музики та гімнастики Нервово-емоціональне навантаження виникає внаслідок простих дій за заданим планом		

Практична робота № 3

ГІГІЄНІЧНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ УМОВ ПРАЦІ ПРИ ДІЇ ХІМІЧНИХ ФАКТОРІВ

Мета роботи: встановити клас умов праці в залежності від фактичних концентрацій хімічних речовин.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Шкідливі речовини за ступенем впливу на організм людини поділяються на наступні класи: 1-й – надзвичайно небезпечні (свинець, марганець, озон); 2-й – високонебезпечні (хлор, соляна кислота); 3-й – помірно небезпечні (кремнієвмісний пил); 4-й – малонебезпечні (оксиди заліза, бензин, ацетон).

Вміст шкідливих речовин у повітрі не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), які прийнято оцінювати в мг/м³.

Клас умов праці визначається в залежності від того, у скільки разів фактична концентрація шкідливої речовини перевищує ГДК (табл. 3.1.).

Якщо в повітрі робочої зони знаходяться декілька шкідливих речовин, вони можуть мати односпрямовану або різноспрямовану дію на організм працюючих. До шкідливих речовин односпрямованої дії відносяться шкідливі речовини, які близькі за хімічною будовою та характером дії на організм людини.

Приклади поєднання речовин односпрямованої дії: спирти, кислоти, луги, ароматичні вуглеводні (кислоти і толуол, бензол та толуол, аміно- та нітросполуки, оксид вуглецю та нітросполуки).

Таблиця 3.1. Класи умов праці залежно від вмісту в повітрі робочої зони шкідливих речовин хімічного походження (перевищення ГДК, разів)

Шкідливі речовини	Клас умов праці					
	Допустимий	3.1	3.2	3.3	3.4	Небезпечний
Шкідливі речовини 1-2 класів небезпечності за винятком перерахованих нижче	2 ≤ ГДК	1.1-3.0	3.1-6.0	6.1-10.0	10.1-20.0	4 > 20.0
Шкідливі речовини 3-4 класів Небезпечності за винятком перерахованих нижче	≤ ГДК	1.1-3.0	3.1-10.0	> 10.0		
Речовини, здатні спричинити гостре отруєння (з гостроспрямованим механізмом дії) або мають подразнювальні властивості	≤ ГДК	1.1-2.0	2.1-4.0	4.1-6.0	6.1-10.0	> 10.0 x
Канцерогени	≤ ГДК	1.1-3.0	3.1-6.0.	6.1-10.0	> 10.0	
Алергени	≤ ГДК		1.1-3.0	3.1-10.0	> 10.0	
Речовини, переважно фіброгенної дії	≤ ГДК	1.1-2.0	2.1-5.0	5.1-10.0	> 10.0	
Протипухлинні лікарські засоби, гормони (естрогени)					+	
Наркотичні анальгетики			+			

+ Незалежно від концентрації шкідливої речовини в повітрі робочої зони умови праці мають бути віднесені до даного класу.
 x Перевищення вказаного рівня для речовин з гостроспрямованим механізмом дії може призвести до гострого отруєння працюючих.

2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ УМОВ ПРАЦІ

залежно від вмісту в повітрі робочої зони шкідливих
речовин хімічного походження

Ступінь шкідливості умов праці встановлюється у відповідності з таблицею 3.2. за максимальними концентраціями шкідливих речовин.

Таблиця 3.2. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Переважаючий агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливості дії на організм людини
Азоту діоксид	2	п	2	Г
Азоту оксиди	5	п	3	Г
Азотна кислота	2	а	2	Г
Алюмінію оксид	6		4	Ф
Аміак	20	п	4	П
Азбестовий пил	2	а	3	Ф, К
Ацетон	20	п	4	П
Бензол	5	п	2	К
Бутанова (масляна) кислота	10	п	3	П
Вінілацетат	10	п	3	П
Водень фтористий	0,5	п	2	Г
Водню бромід	5	п	2	Г
Водню хлорид	0,3	п	1	Г
Водню ціанід	20	п	4	Г
Вольфрамовий ангідрид	6		4	Ф
Вуглецю оксид	20	п	4	Ф, Г
Гексанова кислота	5	п	3	П
Гексан	300	-	4	-
Гідросульфід (сірководень)	10	п	2	Г

Продовж. табл. 3.2

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Переважаючий агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливості дії на організм людини
Гідрохлорид (соляна кислота)	5	а	2	Г
Етиловий спирт	1000	п	4	
Кремнію діоксид	1	а	3	Ф
Ксилол	50	п	3	Ф
Метанол	5	п	3	Г
Метилловий спирт	5	п	3	-
Мурашина кислота	1000	п	2	П
Озон	0,1	п	1	П
Оцтова кислота	5	п	3	П
Поліпропілен	10	п	3	-
Ртуть	0,01	п	1	Г
Сірки діоксид	10	п	3	П
Сірчана кислота	1	а	2	П
Сірчаний ангідрид	10	а	3	П
Толуол	50	п	3	Ф
Фенол	0,3	п	2	Г, А
Формальдегід	0,5	П	2	П, А
Хлор	1	П	2	Г, П
Хлору діоксид	0,1	П	1	Г
Хлору оксид	0,1	П	1	П, Г
Цементний пил	6	П	4	Ф

Примітка. Г – речовини з гостроспрямованою дією, за вмістом яких в повітрі потребується автоматичний контроль; А – речовини, які здатні викликати алергічні захворювання у виробничих умовах; К – канцерогени; Ф – аерозолі переважно фіброгенної дії; П – подразнюючі речовини; п – пари та (або) гази; а – аерозоль.

1. При одночасній дії в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії необхідно дотримуватися виконання умови:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (3.1)$$

де $C_1, C_2, \dots, C_n$ – фактичні концентрації відповідних шкідливих речовин у повітрі, мг/м³; $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації відповідних шкідливих речовин, мг/м³.

При дотриманні цього співвідношення умови праці вважаються допустимими (2 клас умов праці).

2. Оцінка умов праці при наявності в повітрі робочої зони двох або більше шкідливих речовин різноспрямованої дії виконується наступним чином:

а) присутність у повітрі будь-якого числа речовин, рівні впливу яких дорівнюють ступеню 3.1, не підвищують загальної шкідливості умов праці;

б) три речовини та більше з рівнями впливу, що відповідають ступеню 3.2., переводять умови праці до ступеня 3.3;

в) дві речовини та більше з рівнями впливу, що відповідають ступеню 3.3, підвищують ступінь шкідливості до ступеня 3.4;

г) дві або більше речовин класу 3.3. не переводять умови праці в клас 4.

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з оцінкою умов праці в залежності від вмісту шкідливих речовин хімічного походження в повітрі робочої зони.

2. Вивчити методику оцінки умов праці в залежності від вмісту шкідливих речовин хімічного походження в повітрі робочої зони.

3. Отримати варіант завдання для виконання оцінки умов праці (табл. 3.4., 3.5.).

4. Скласти звіт з виконаної роботи. Оцінку умов праці при наявності в повітрі шкідливих речовин односпрямованої дії зробити за формулою 3.1. Результати оцінки умов праці при наявності в повітрі шкідливих речовин різноспрямованої дії записати у вигляді таблиці (табл. 3.3.).

5. Зробити висновок про визначені умови праці в залежності від вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Таблиця 3.3. Результати оцінки умов праці при наявності в повітрі робочої зони шкідливих речовин хімічного походження, які мають різноспрямовану дію на організм людини

№ варіанта	Назва речовини	Фактична концентрація, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	Перевіщення ГДК, разів	Клас умов праці по кожній речовині (табл. 3.1)	Загальний клас умов праці

Таблиця 3.4. Вихідні дані для оцінки умов праці при наявності в повітрі шкідливих речовин різноспрямованої дії

№ варіанта	Назва речовини	Фактична концентрація, мг/м ³
1	Цементний пил	38
	Ртуть	0,05
	Формальдегід	4
	Ацетон	23
	Азоту оксиди	57
2	Аміак	220
	Азбестовий пил	28
	Хлору оксид	0,8
	Толуол	530
	Ацетон	220

Продовж. табл. 3.4

№ варіанта	Назва речовини	Фактична концентрація, мг/м ³
3	Вінілацетат	38
	Бутанова кислота	95
	Вольфрамовий ангідрид	73
	Поліпропілен	120
	Толуол	125
4	Фенол	0,9
	Озон	0,5
	Вольфрамовий ангідрид	36
	Поліпропілен	59
	Кремнію діоксид	12
5	Ртуть	0,08
	Сірчаний ангідрид	59
	Аміак	25
	Хлор	6
	Цементний пил	73
6	Ацетон	160
	Гексанова кислота	78
	Сірки діоксид	48
	Аміак	160
	Фенол	1,3
7	Цементний пил	45
	Азоту оксиди	27
	Ртуть	0,1
	Аміак	138
	Хлору оксид	0,3
8	Хлору оксид	1,1
	Ацетон	53
	Формальдегід	4,5
	Толуол	340
	Азбестовий пил	18
9	Хлор	8
	Сірчаний ангідрид	95
	Аміак	193
	Цементний пил	39
	Ртуть	0,2

Продовж. табл. 3.4

№ варіанта	Назва речовини	Фактична концентрація, мг/м ³
10	Вольфрамівий ангідрид	42
	Бутанова кислота	53
	Толуол	48
	Поліпропілен	84
	Вінілацетат	23
11	Вольфрамівий ангідрид	56
	Озон	0,6
	Кремнію діоксид	8
	Поліпропілен	81
	Фенол	0,6
12	Кремнію діоксид	4
	Хлор	8
	Оцтова кислота	65
	Ацетон	130
	Вінілацетат	67
13	Сірки діоксид	39
	Фенол	1
	Гексанова кислота	40
	Аміак	48
	Ацетон	84
14	Бензол	43
	Вінілацетат	86
	Ксилол	280
	Озон	0,2
	Мурашина кислота	2835
15	Оцтова кислота	38
	Кремнію діоксид	7
	Вінілацетат	15
	Ацетон	100
	Хлор	3

Таблиця 3.5. Вихідні дані для оцінки умов праці при наявності в повітрі шкідливих речовин односпрямованої дії

№ варіанта	Назва речовини	Фактична концентрація, мг/м ³
1	Азоту діоксид	5
	Гексан	310
	Вуглецю оксид	22,6
	Формальдегід	0,4
2	Гексанова кислота	8
	Бутанова кислота	10
	Сірчана кислота	1,6
	Азотна кислота	2,1
3	Фенол	0,3
	Оцтова кислота	6
	Водень фтористий	0,51
	Водню ціанід	23
4	Аміак	20
	Гідросульфід	10,2
	Формальдегід	0,8
	Гексан	298
5	Метиловий спирт	5,7
	Етиловий спирт	1250
	Метанол	8
	Фенол	0,8
6	Озон	0,3
	Азоту діоксид	3,2
	Формальдегід	1
	Вуглецю оксид	25
7	Формальдегід	0,35
	Соляна кислота	4,8
	Гексанова кислота	4,6
	Бутанова кислота	10,4
8	Сірчана кислота	1,3
	Гідрохлорид	7
	Формальдегід	0,6

Продовж. табл. 3.5

№ варіанта	Назва речовини	Фактична концентрація, мг/м ³
9	Хлору оксид	0,8
	Сірки діоксид	15
	Кремнію діоксид	3
	Алюмінію оксид	9
10	Сірки діоксид	12
	Аміак	25
	Азоту оксиди	6,8
	Фенол	0,4
11	Водню хлорид	0,9
	Гексанова кислота	8
	Водню бромід	9
	Соляна кислота	5,7
12	Ксилол	87
	Толуол	73
	Фенол	0,37
	Метанол	8,6
13	Соляна кислота	8
	Водень фтористий	0,65
	Гексанова кислота	8,7
	Водню бромід	9
14	Аміак	19,8
	Сірководень	16
	Азоту оксиди	7
	Сірки діоксид	10
15	Етиловий спирт	1340
	Метанол	5
	Фенол	0,32
	Метилловий спирт	7

Практична робота № 4

РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ

Мета роботи: визначити основні параметри заземлення – число, розміри та порядок розміщення одиночних заземлювачів та заземлюючих провідників, при яких напруга дотику і шагу в період замкнення фази на заземлений корпус не перевищують допустимі значення.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Електробезпека – система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електромагнітного поля, електричної дуги та статичної електрики.

Одним із заходів захисту людини від ураження електричним струмом є захисне заземлення. Захисне заземлення є ефективним засобом захисту в електроустановках до 1000 В мережі з ізольованою нейтраллю та вище 1000 В у мережах з будь-яким режимом нейтралі.

Дія захисного заземлення полягає в зниженні напруги корпусу відносно землі. Призначення – усунення небезпеки ураження людини електричним струмом при появі напруги конструктивних частин електрообладнання, тобто при замкненні на корпус.

Захисне заземлення – це гальванічне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмопровідних частин електрообладнання, які можуть опинитися під напругою.

Заземлювач – це провідник (електрод), або декілька металевих поєднаних між собою провідників, які знаходяться в контакті із землею. Заземлювачі бувають природні та штучні. В якості природних заземлювачів використовують електропровідні частини будівельних і виробничих конструкцій, а також комунікацій, які мають надійний контакт із

землею (водогінні та каналізаційні трубопроводи, фундаменти будівель). Заземлювачі бувають природні, які знаходяться в контакті із землею (електропровідні частини комунікацій, будівель та споруд виробничого та іншого призначення), що використовуються з метою заземлення, та штучні (спеціально виконані з метою заземлення).

Заземлювальний провідник – це провідник, що з'єднує частини, які необхідно заземлити із заземлювачем. Якщо заземлюючий провідник має два або більше розгалужень, його називають магістраллю заземлення.

Заземлювальним пристроєм називають сукупність конструктивно об'єднаних заземлюючих провідників та заземлювача.

Захисне заземлення необхідно виконувати:

- при напрузі змінного струму 380 В і вище та постійного струму 440 В і вище в усіх електроустановках;
- при нормальних напругах змінного струму вище 42 В, постійного струму вище 120 В тільки в електроустановках, які розміщуються у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках;
- при всіх напругах змінного та постійного струму для електрообладнання, встановленого у вибухонебезпечних зонах.

Заземленню підлягають:

- корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників і т. п.;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси розподільчих щитів, щитів управління, щитків та шаф, а також об'ємні частини або частини, що відкриваються, якщо на останніх встановлено електрообладнання напругою вище 42 В змінного струму або більше 110 В постійного струму;

- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні конструкції та сполучні муфти, металеві оболонки та броня контрольних і силових кабелів;

- металеві корпуси пересувних та переносних електроприймачів;

- електрообладнання, яке розміщене на рухомих частинах станків, машин і механізмів.

З метою вирівнювання потенціалів у приміщеннях та зовнішніх установках, в яких застосовується захисне заземлення електроустановок, всі будівельні та виробничі металоконструкції, стаціонарно прокладені трубопроводи всіх призначень, металеві корпуси технологічного обладнання, підкранові та залізнодорожні рельсові шляхи і т. п. повинні бути приєднані до мережі заземлення.

Штучні заземлювачі представляють собою спеціально закладені вертикально у ґрунт сталеві труби діаметром 30–50 мм (товщина стінок не менше 3,5 мм) та кутники (40×40 та 60×60 мм) довжиною 2,5...3,0 м, а також сталеві прутки діаметром 12...14 мм та довжиною 5 м та більше. В більшості випадків штучні вертикальні заземлювачі знаходяться у землі на глибині $h = 0,5...0,8$ м. Труби, кутники та прутки за допомогою зварювання з'єднуються між собою сталевією половою перетином 4×12 мм або прутком діаметром не менше 6 мм до загальної електричної мережі, в результаті чого утворюється штучний заземлюючий пристрій.

Проектування заземлювального пристрою полягає у виборі природних заземлювачів, при яких опір розтікання струму не перевищує встановлених норм. В ПУЕ нормується опір заземлювальних пристроїв в залежності від напруги електроустановок до потужності джерел живлення. Допустимий опір заземлювального пристрою R_z визначається за даними табл. 4.1, де у наведених формулах

I_3 – розрахунковий струм замкнення на землю. Згідно з ПУЕ у ланцюгах напругою до 1000 В з ізолюованою нейтраллю найбільш можлива сила струму замкнення на землю не перевищує 10 А. В мережах з ізолюованою нейтраллю трансформатора (з малими струмами замкнення на землю) він прирівнюється до ємнісного струму однофазного замкнення на землю:

$$I_3 = \frac{U_{\text{л}}(35I_k - I_n)}{350}, \text{ А}, \quad (4.1)$$

де $U_{\text{л}}$ – лінійне накладання мережі, кВ; I_k та I_n – довжина електрично пов'язаних кабельних та повітряних ліній відповідно, км.

Таблиця 4.1. Допустимий опір заземлювальних пристроїв

Характеристика установок	Найбільший допустимий опір заземлення, Ом
1. Електроустановки напругою вище 1000 В	
Захисне заземлення в установках з великими струмами замикання на землю ($I_3 = 500 \text{ А}$)	0,5
Захисне заземлення в установках з малими струмами замикання на землю ($I_3 = 500 \text{ А}$):	
а) якщо заземлювальний пристрій одночасно використовується для установок напругою до 1000 В	$\frac{125}{I_3} < 10$, якщо немає обмежень зі сторони установок до 1000 В
б) якщо заземлювальний пристрій використовується тільки для установок напругою вище 1000 В	$\frac{125}{I_3} < 10$
2. Електроустановки напругою до 1000 В	
Захисне заземлення усіх установок	4
Захисне заземлення при сумарній потужності трансформаторів або генераторів до 100 кВА	10

Як природні заземлювачі частіше всього використовуються трубопроводи або оболонки кабелів. Їх опір розраховується як опір протяжного заземлювача круглого перетину (табл. 4.2). При наявності та можливості використання природних заземлювачів визначається опір розтіканню струмів цих заземлювачів $R_{\text{прир}}$ – вимірюванням або розрахунком.

Якщо опір розтіканню струму природних заземлювачів не більше допустимого ($R_{\text{прир}} \leq R_{\text{д}}$), то пристрій штучних заземлювачів не потрібен і розрахунок на цьому закінчується. Якщо ж $R_{\text{прир}} > R_{\text{д}}$, то, окрім природних заземлювачів, необхідно встановити пристрій штучного заземлення.

Опір штучного заземлювача визначається за умови, що штучні та природні заземлювачі з'єднуються паралельно та загальний їх опір не повинен перевищувати норму:

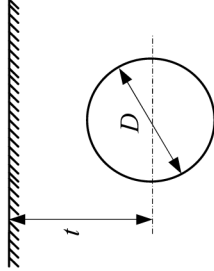
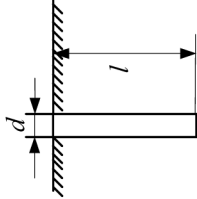
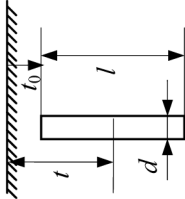
$$R = \frac{R_{\text{прир}} \cdot R_{\text{д}}}{R_{\text{прир}} + R_{\text{д}}} . \quad (4.2)$$

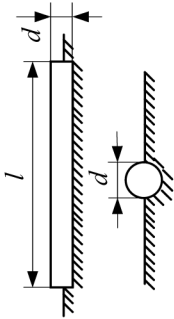
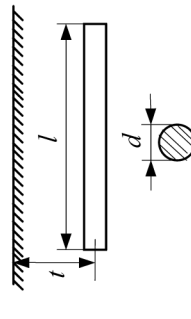
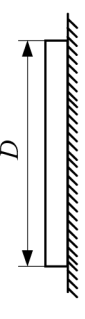
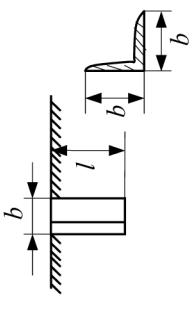
Якщо природні заземлювачі не використовуються, то повинна виконуватись умова $R_{\text{прир}} \leq R_{\text{д}}$.

За формулами, наведеними в табл. 4.2, визначається опір одиночного вертикального заземлювача $R_{\text{ст.од.}}$ з урахуванням розрахункового питомого електричного опору ґрунту (табл. 4.3.).

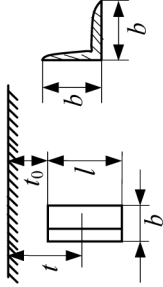
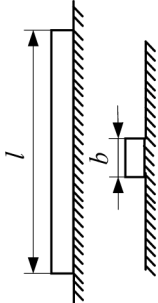
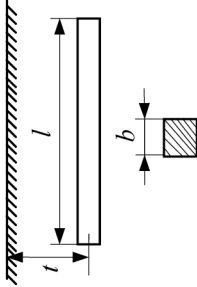
Якщо $R_{\text{ст.од}} < R_{\text{шт}}$, то приймається один штучний заземлювач та розраховується еквівалентний опір заземлюючого пристрою.

Таблиця 4.2. Формули для розрахунку опору поодиноких заземлювачів розгінанню струму в однорідному ґрунті

Тип заземлювача	Схема	Формула
1. Кульовий у землі		$R = \frac{\rho}{2\pi D} \left(1 + \frac{D}{4t} \right)$ $2t \gg D$
2. Стрижневий круглого перетину (трубчастий) біля поверхні землі		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$ $l \gg d$
3. Стрижневий круглого перетину (трубчастий) у землі		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$ $l \gg d \quad t_0 \geq 0,5\text{м}$

4. Протяжний круглого перетину на поверхні землі (стрижень, труба, смуга, кабель та ін.)		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$ $l \gg d$
5. Протяжний в землі (стрижень, труба, смуга, кабель і т. п.)		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dt}$ $l \gg d; \quad l \gg 4t$
6. Кругла пластина на поверхні землі		$R = \frac{\rho}{2D}$
7. Кутковий у поверхні землі		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{b}$ $l \gg b$

Продовж. табл. 4.2

Тип заземлювача	Схема	Формула
8. Кутковий у землі		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right)$ $l \gg b; \quad t_0 \geq 0,5m$
9. Протяжний смуговий на поверхні землі		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{b}$ $l \gg b$
10. Протяжний смуговий у землі		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}$ $l \gg b; \quad l \gg 4t$

Примітка. В формулах таблиці ρ – розрахунковий питомий опір землі, Ом·м; розміри електродів (м) наведено на ескізах.

Таблиця 4.3. Питомі електричні опори ґрунтів та води

Ґрунт, вода	Питомий опір, Ом·м		
	При вологості 10-12% до маси ґрунту	Можливі межі коливань	Розрахунковий опір, $\rho_{екв}$
Глина	40	8 - 70	60
Гравій, щебінь	-	-	2000
Каменистий ґрунт	-	500 - 8000	4000
Лесс	-	-	250
Пісок	700	400 - 2500	50
Садова земля	40	30-60	50
Скалистий ґрунт	-	$10^4 - 10^7$	-
Суглинок	100	40 - 150	100
Супісок	300	150 - 400	300
Торф	20	-	20
Чорнозем	200	9 - 53	30
Вода у струмках		10 - 60	30
Вода ґрунтова		20 – 70	40
Вода морська		0,2 - 1	0,6
Вода ставкова		40 - 50	50
Вода річкова		10 - 100	60

При $R_{\text{ст.од}} > R_{\text{шт}}$ необхідно застосувати декілька штучних заземлювачів, з'єднаних паралельно, число яких визначається за формулою

$$n = \frac{R_{\text{ст.од}}}{\eta \cdot R_{\text{шт}}}, \quad (4.3)$$

де η – коефіцієнт використання заземлювачів, які враховують їх взаємне екранування (табл. 4.4).

Таблиця 4.4. Коефіцієнти використання заземлювачів з труб або кутків без урахування впливу смуги зв'язку

Відношення відстані між трубами (кутками) до їх довжини	При розміщенні в ряд		При розміщенні по контуру	
	Число труб (кутків)			
1	2	0,84 – 0,87	4	0,66 – 0,72
	3	0,76 – 0,8	6	0,58 – 0,65
	5	0,67 – 0,72	10	0,52 – 0,58
	10	0,56 – 0,62	20	0,44 – 0,5
	15	0,51 – 0,56	40	0,38 – 0,44
	20	0,47 – 0,5	60	0,36 – 0,42
2	2	0,9 – 0,92	4	0,76 – 0,8
	3	0,58 – 0,88	6	0,71 – 0,75
	5	0,79 – 0,83	10	0,66 – 0,71
	10	0,72 – 0,77	20	0,61 – 0,66
	15	0,66 – 0,73	40	0,55 – 0,61
	20	0,65 – 0,7	60	0,52 – 0,58
3	2	0,93 – 0,95	4	0,84 – 0,86
	3	0,9 – 0,92	6	0,78 – 0,82
	5	0,85 – 0,88	10	0,74 – 0,78
	10	0,79 – 0,83	20	0,68 – 0,73
	15	0,76 – 0,8	40	0,64 – 0,69
	20	0,74 – 0,79	60	0,62 – 0,67

Для вибору коефіцієнта η за табл. 4.4 спочатку знаходиться число заземлювачів при $\eta = 1$.

Далі визначається фактичний опір вертикальних штучних заземлювачів:

$$R_{\text{в.ф.}} = \frac{R_1}{n \cdot \eta} \text{ Ом.} \quad (4.4)$$

Сполучна смуга є додатковим заземлювачем, опір якого R'_c розраховується за формулою з табл. 4.2 для протяжного смугового заземлювача. З урахуванням коефіцієнта використання смуги η_c (табл. 4.5) її опір розтіканню струму знаходиться за формулою

$$R_c = \frac{R'_c}{\eta_c} \text{ Ом.} \quad (4.5)$$

Таблиця 4.5. Коефіцієнти використання η_c сполучної смуги заземлювачів

Відношення відстані між заземлювачами до їх довжини	Число труб або кутків заземлювача					
	4	8	10	20	30	50
При розташуванні смуги в ряді труб або кутків						
1	0,77	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21
2	0,89	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36
3	0,92	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49
При розташуванні смуги по контуру труб або кутків						
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,4	0,32	0,3	0,28
3	0,7	0,6	0,56	0,45	0,41	0,37

Фактичний опір розтіканню струму заземлювального пристрою з вертикальних заземлювачів та смуги зв'язку

визначається як еквівалентний опір при паралельному з'єднанні:

$$R_{\text{шт.ф.}} = \frac{R_{\text{в.ф.}} \cdot R_{\text{с}}}{R_{\text{в.ф.}} + R_{\text{с}}} \text{ Ом.} \quad (4.6)$$

У випадку використання паралельного з'єднання природних та штучних заземлювачів розраховується еквівалентний опір всього заземлювального пристрою:

$$R_{\text{з.}} = \frac{R_{\text{прир}} \cdot R_{\text{шт.ф.}}}{R_{\text{прир}} + R_{\text{шт.ф.}}} \text{ Ом.} \quad (4.7)$$

Отриманий еквівалентний опір не повинен перевищувати допустиме значення опору розтікання струму заземлювального пристрою, тобто $R_{\text{з}} \leq R_{\text{д}}$.

2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

1. Навести компонування обладнання, його характеристики, відомості про природні заземлювачі, вказати кліматичну зону місцевості.
2. Розрахувати струм замкнення на землю.
3. Визначити необхідний опір заземлювального пристрою.
4. Визначити параметри заземлювального пристрою, кількість стрижнів, довжину смугових заземлювачів.
5. Скласти схему заземлювального пристрою.

Приклад. Розрахувати заземлення обладнання підстанції 10000/400В. Довжина кабельної лінії $l_{\text{к}} = 200$ м, довжина повітряної лінії $l_{\text{п}} = 30$ км. Ґрунт – пісок. Природний заземлювач – кабель довжиною $l_{\text{к}}$.

Розрахунок заземлювального пристрою

Розрахунковий струм замкнення на землю зі сторони 10 кВ визначається з виразу

$$I_3 = \frac{U_n(35I_k + I_n)}{350} = \frac{10 \cdot (35 \cdot 0,2 + 30)}{350} \approx 1,4.$$

Оскільки до заземлювального пристрою приєднуються корпуси обладнання до 1000 В і вище 1000 В (400 і 10000 В), опір заземлювального пристрою повинен відповідати двом умовам:

$$10 \text{ Ом} \geq R_3 \leq 125 / I_3 \quad \text{та} \quad R_3 \leq 4 \text{ Ом}.$$

За першою умовою $R_3 \leq 125 / I_3 = 125 \text{ Ом}$ приймаємо величину $R_3 = 4 \text{ Ом}$ як найменшу.

Опір природного заземлювача оболонки кабеля розраховуємо як опір протяжного заземлювача круглого перетину в землі (див. табл. 4.2):

$$R_0 = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d} = \frac{500}{\pi \cdot 200} \ln \frac{2 \cdot 200}{0,05} = 7,1 \text{ Ом}.$$

$R_{\text{заг}}$ дорівнює R_0 , оскільки у траншеї прокладено тільки один кабель, тобто $R_{\text{прир}} = 7,1 \text{ Ом}$. Якщо $R_{\text{прир}} > R_d$, то є необхідним, окрім природних заземлювачів, пристрій штучного заземлювача.

Опір штучного заземлення визначається за формулою

$$R = \frac{R_{\text{прир}} \cdot R_d}{R_{\text{прир}} - R_d} = \frac{7,1 \cdot 4}{7,1 - 4} = 9,16 \text{ Ом}.$$

Як штучний заземлювач обираємо пристрій, який складається з вертикальних стрижнів із куткової сталі з шириною полки 40 мм, довжиною 2,5 м, з'єднаних смугою – сталевою шиною перетином 50×4 мм. Заземлювальний пристрій являє собою прямокутник 27×115 м.

Опір вертикального заземлювача знаходимо за формулою з табл. 4.2:

$$R_{\text{ст.од.}} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) =$$

$$= \frac{500}{2\pi \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,05 + 2,5}{4 \cdot 2,05 - 2,5} \right) \text{ Ом},$$

де додатково задаємо величину $t = 2,05$ м. $R_{\text{ст.од.}} > R_{\text{шт.}}$, тому застосовуємо декілька заземлювачів.

Визначаємо необхідну кількість паралельно з'єднаних штучних заземлювачів:

$$n = \frac{R_{\text{ст.од.}}}{\eta R_{\text{шт}}} = \frac{191,6}{9,16 \cdot 0,65} = 32 \text{ шт.}$$

Фактичний опір вертикальних штучних заземлювачів η отримуємо з табл. 4.4:

$$R_{\text{в.сер.}} = \frac{R_{\text{ст.од.}}}{n \cdot \eta} = \frac{191,6}{32 \cdot 0,65} = 3,9 \text{ Ом.}$$

Опір з'єднувальної смуги довжиною $2 \cdot (27 + 115) = 284$ м визначаємо за формулами табл. 4.2:

$$R'_c = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt} = \frac{500}{2\pi \cdot 284} \ln \frac{2 \cdot 284^2}{0,05 \cdot 0,5} = 4,46 \text{ Ом},$$

де додатково задаємо величину $t = 0,825$ м.

Опір розтіканню струму знаходиться з урахуванням коефіцієнта використання η_c (табл. 4.5):

$$R_c = \frac{R'_c}{\eta_c} = \frac{4,46}{0,21} = 21,2 \text{ Ом.}$$

Фактичний опір заземлювального пристрою з вертикальних заземлювачів та смуги зв'язку

$$R_{\text{шт.ф.}} = \frac{R_{\text{в.ф.}} \cdot R_c}{R_{\text{в.ф.}} + R_c} = \frac{3,9 \cdot 21,2}{3,9 + 21,2} = 3,3 \text{ Ом.}$$

Еквівалентний опір всього заземлювального пристрою

$$R_z = \frac{R_{\text{прир}} \cdot R_{\text{шт.ф.}}}{R_{\text{прир}} - R_{\text{шт.ф.}}} = \frac{7,1 \cdot 3,3}{7,1 - 3,3} = 2,3 \text{ Ом.}$$

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Розрахувати струм замкнення на землю.
2. Визначити опір природного заземлювача оболонки кабеля.
3. Розрахувати опір штучного заземлювача.
4. Вибрати пристрій штучного заземлення.
5. Розрахувати опір вертикального заземлювача.
6. Визначити кількість паралельно з'єднаних штучних заземлювачів.
7. Розрахувати опір з'єднувальної смуги.
8. Визначити опір розтікання струму.
9. Розрахувати фактичний та еквівалентний опір заземлювального пристрою.
10. Зробити висновок згідно отриманих результатів.
11. Скласти звіт з виконаної роботи.

Завдання до практичної роботи

Розрахувати заземлення обладнання підстанції 35/6 кВ. Довжина кабельної лінії l_k , довжина повітряної лінії $l_{\text{п}}$. Природний заземлювач – кабель довжиною l_k .

Таблиця 4.6. Варіанти завдань для розрахунку захисного заземлення

Задані параметри	Варіанти											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ґрунт											
	Ґлина	Чорнозем	Суглінок	Торф	Пісок	Супісок	Кам'янистий	Скалистий	Ґравій	Щебінь	Вода річкова	Вода ґрунтова
Довжина кабельної лінії, м	150	210	170	190	240	250	270	290	140	230	180	160
Довжина повітряної лінії, км	25	21	23	22	26	28	27	32	34	36	31	33
Ширина полки кутника, мм	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60
Довжина кутника, м	2,5	2,7	2,6	2,8	3,0	2,5	2,2	2,4	2,3	2,5	2,8	2,9
Параметри заземлювального пристрою, м	25x110	26x117	23x120	22x110	20x115	28x118	21x112	30x140	33x150	31x145	29x130	28x125

Практична робота № 5

РОЗРАХУНОК ШТУЧНОГО ВИРОБНИЧОГО ОСВІТЛЕННЯ

Мета роботи: спроектувати систему штучного освітлення з використанням світлодіодних джерел освітлення.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Штучне освітлення передбачається у приміщеннях, в яких недостатньо природного світла, або для освітлення приміщення в ті години доби, коли природна освітленість відсутня. Призначення штучного освітлення – створити сприятливі умови видимості, зберегти хороше самопочуття людини і зменшити навантаження на очі. При штучному освітленні всі предмети виглядають інакше, ніж при денному світлі. Це відбувається тому, що змінюється положення, спектральний склад і інтенсивність джерел випромінювання.

У сучасних освітлювальних установках, призначених для освітлення виробничих приміщень, в якості джерел світла застосовують 2 основних види штучних джерел світла: звичайні лампи розжарювання, та люмінесцентні лампи.

В останні роки широке розповсюдження знайшли нові джерела штучного освітлення – світлодіоди, які суттєво зменшили використання не тільки ламп розжарювання, але й газорозрядних люмінесцентних ламп.

Світлодіоди, або світловипромінюючі діоди (СВД, в англійському варіанті LED – light emitting diode) – напівпровідниковий прилад, що випромінює світло при пропусканні через нього електричного струму. Будь-який світлодіод складається з напівпровідникового кристала на підкладці, корпусу, контактних виводів і лінзи.

Основу світлодіода (Light Emitting Diode, або LED) становить штучний напівпровідниковий кристал розміром

0,3 × 0,3 мм. Кристалик "саджають" в металеву поліровану чашечку (мідну або алюмінієву), яка є відбивачем і "катодом" (-). До самого кристалика "приварюють" золоту нитку – "анод" (+). Потім всю конструкцію заливають прозорим компаундом, якому надають певну форму (колбу). Від неї залежить кут випромінювання світла, що випускається кристалом. Якщо верх колби плоский, світ виходить широким пучком (кут складає 120...130 °). Якщо верх опуклий, виходить лінза, що збирає світло в більш вузький пучок (кут 8...60 °). Чим менше кут випромінювання, тим більш інтенсивний світловий потік дає кристал. Випускаються світлодіоди різних кольорів: червоного, жовтого, зеленого, синього, синьо-зеленого і білого, причому білий з недавніх пір буває декількох відтінків (холодного, теплого, "сонячного" і т. д.).

Світлодіоди випускаються в різних виконаннях. Вони можуть мати різні форми, розміри та конструкції корпусів (рис. 5.1).

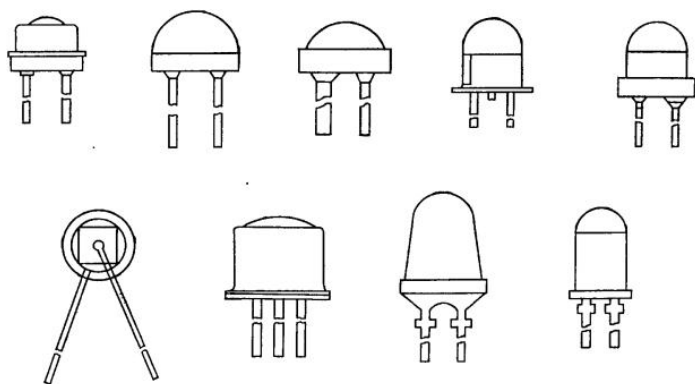


Рис. 5.1. Види корпусів світлодіодів

Позначення світлодіодів складається з восьми елементів – перший і другий – букви ІП (Індикатор Напівпровідниковий), на початку може додаватися буква К (Комерційного застосу-

вання), третій елемент – буква Д – означає один світлодіод, Т – шкальний індикатор, Ц – цифровий індикатор, В – багатолітерний індикатор, М – мнемонічний (показує значки) індикатор, Г – екранні модулі. Четвертий елемент – номер розробки (01-69 – без схеми управління, 70-99 – зі схемою управління), п'ятий елемент – група приладу (буква), шостий елемент – число світлодіодів в індикаторі (одиниця може не вказуватися), сьомий елемент – колір діода (літера К-червоний, Ж-жовтий, Л-зелений, Р-оранжевий, Г-блакитний, Б-білий, М-різнокольоровий), восьмий елемент – число, яке вказує модифікацію приладу. Наприклад: КІПД 66Д-Ж – один світлодіод (Д), номер розробки 66 (без схеми управління), група Д, жовтого кольору.

Світлодіоди мають такі переваги та властивості:

- Мініатюрність. Розміри світлодіодного кристала (чипа) вимірюються частками міліметра. Разом з оптикою, струмо-підвідними електродами та тепловідвідними пластинами світлодіоди виростають до одиниць міліметрів, залишаючись практично "непомітними", легкими і компактними джерелами світла.

- Витривалість. Напівпровідникові матеріали, з яких виготовляються світлодіоди, мають велику механічну міцність, як, наприклад, кремній та його сполуки, тому ці джерела світла не бояться ударів, вібрацій, перепадів тиску і т.ін. Діапазон зовнішніх температур, при яких вони працюють, – від -50 до $+125^{\circ}\text{C}$. Для них не існує жодних обмежень в сенсі використання для зовнішнього освітлення.

- Екологічність. Вони не б'ються, а при виході з ладу не створюють жодних проблем з утилізацією, оскільки не містять шкідливих речовин, як, наприклад, ртуть в газорозрядних лампах.

- Довговічність. Потенційний термін служби становить 100000 годин і більше, що в сотню разів перевищує термін служби ламп розжарювання і в десятки разів люмінесцентних ламп. Закінчення терміну служби світлодіода, на відміну

від традиційних джерел світла, не означає раптового вимкнення світла, а лише на 50 % меншу світловіддачу.

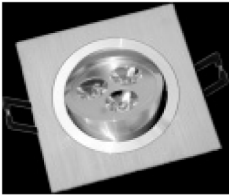
- Економічність. Економія коштів при використанні світлодіодів потрібна – за рахунок малого енергоспоживання, мінімальної вартості обслуговування та раціонального використання світлового потоку (можливість спрямувати світло туди, куди це необхідно).

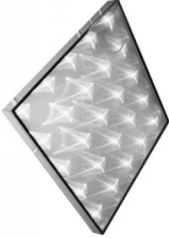
- Функціональність. Завдяки чудовому поєднанню із зовнішньою (простою і дешевою, бо пластикова) оптикою світлодіоди дозволяють спрямовувати світловий потік в потрібне місце, а не освітлювати все навколо. Можливість керування не лише яскравістю і кольором, але й колірністю білого світла (від теплого білого до холодного) в поєднанні з практично необмеженою швидкістю (наносекунди) дозволяє створювати різноманітні світлодинамічні ефекти.

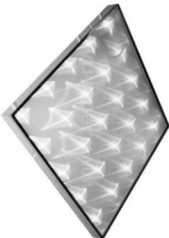
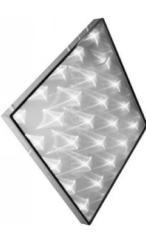
- Безпечність. Напруга живлення світлодіода становить всього 1,6...3,5 В, що є абсолютно безпечним для людини. Температура розігріву світлодіодів теж набагато нижча від температури ламп розжарювання. Їх неможливо розбити та поранитись уламками скла. Це означає, що до світлодіодів та під'єднувальних провідників безпечно торкатись навіть у робочому стані, з їх допомогою можна без перестороги підсвічувати басейни та інші водойми.

Світлодіодні технології освітлення завдяки ефективній витраті електроенергії і простоті конструкції знайшли широке застосування в світильниках, прожекторах, світлодіодних стрічках, декоративній світлотехніці та особливо в компактних освітлювальних приладах – ручних ліхтариках. Їх світлова потужність доходить до 5000 Лм. Світлодіодні освітлювальні прилади поділяються на вуличні та інтер'єрні. Сьогодні їх застосовують для підсвічування будівель, автомобілів, вулиць і рекламних конструкцій, фонтанів, тунелів і мостів (табл. 5.1). Дане освітлення використовують для підсвічування виробничих та офісних приміщень, домашнього інтер'єру і меблів.

Таблиця 5.1. Застосування світлодіодних світильників

Тип світильника	Характеристики				Застосування	Загальний вигляд
	Світловий потік	Споживана потужність	Розміри, мм	Кількість світлодіодів, шт		
Вбудований поворотний світильник КН-DL03-220	360 Лм	3,5 Вт	96×95×45	3	для загального освітлення всередині приміщень	
Світлодіодний світильник КН-HS-3-SC1036-220 / КН-HS-3-SC1036-12	330 Лм	3,7 Вт	80×65×253	3	для чергового освітлення в зонах загального призначення, вдома, в громадських установах	

Тип світильника	Характеристики				Застосування	Загальний вигляд
	Світловий потік	Споживана потужність	Розміри, мм	Кількість світилодіодів, шт		
Світлодіодний світильник КН-НС3-10-220 / КН-НС3-10-12	330 Лм	3,7 Вт	170×130×110	3	для чергового освітлення в зонах загального призначення, вдома, в громадських установах	
Світильник офісний L-office 25XP-G/5850/62	5850 Лм	620 Вт	595×595×40	25	для освітлення в офісних і інших громадських приміщеннях (підприємства, установи, торгові центри, торгові точки і ін) Підходить для застосування в приміщеннях з підвищеними вимогами до освітленості, або з великою кількістю світильників на площу стелі	

Офісний накладний світильник світлодіодний L-OFFICE 25/3025/32	3025 Лм	32 Вт	595×595×40	25	для офісного освітлення адміністративних будівель, офісних центрів, поліклінік та інших будівель	
Офісний стельовий світильник світлодіодний СД-35Б	2950 Лм	35 Вт	595×595×80	25	для енергозберігаючого освітлення офісних приміщень, бізнес і торгових центрів, магазинів та іншої комерційної нерухомості	
Офісний стельовий світильник світлодіодний СД-45БТ в тонкому корпусі	3650 Лм	45 Вт	595×595×40	25	для енергозберігаючого освітлення офісних приміщень, бізнес і торгових центрів, магазинів та іншої комерційної нерухомості	
Офісний вбудований стельовий світильник світлодіодний СД-35	3000 Лм	35 Вт	620×620×85	25	для освітлення офісних приміщень, торгових центрів, навчальних залів і аудиторій, коридорів, магазинів, університетів	

Продовж. табл. 5.1

Тип світильника	Характеристики				Застосування	Загальний вигляд
	Світловий потік	Споживана потужність	Розміри, мм	Кількість світлодіодів, шт		
Офісний вбудований стельовий світильник світлодіодний СД-50	3600 Лм	50 Вт	595×595×80	25	для освітлення офісних приміщень, торгових центрів, навчальних залів і аудиторій, коридорів, магазинів, універмагів	
Накладний стельовий світильник світлодіодний СД-17	1500 Лм	17 Вт	630×145×65	24	для загального освітлення житлових, громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщень, а також офісних приміщень, торгових центрів, навчальних залів і аудиторій, коридорів, магазинів, універмагів	

Накладний стельовий світильник світлодіодний СД-26	1800 Лм	26 Вт	630×145×65	24	для загального освітлення житлових, громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщень, а також офісних приміщень, торгових центрів, навчальних залів і аудиторій, коридорів, магазинів, універмагів	
Накладний стельовий світильник світлодіодний СД-36	3000 Лм	35 Вт	1240×145×53		для загального освітлення житлових, громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщень, а також офісних приміщень, торгових центрів, навчальних залів і аудиторій, коридорів, магазинів, універмагів	

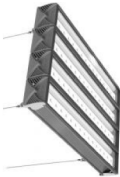
Продовж. табл. 5.1

Тип світильника	Характеристики				Застосування	Загальний вигляд
	Світловий потік	Споживана потужність	Розміри, мм	Кількість світилодіодів, шт		
Накладний стельовий світильник світлодіодний СД-70,	4500 Лм	70 Вт	1240×145×53		для загального освітлення житлових, громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщень, а також офісних приміщень, торгових центрів, навчальних залів і аудиторій, коридорів, магазинів, універмагів	
Світлодіодний світильник L-SCHOOL 24/2904/30	2904 Лм	30 Вт	40×1200×200	24	для установок в школах, лікарнях та інших громадських приміщеннях (підприємства, установи, торгові центри, торгові точки і ін)	

Промисловий світильник світлодіодний СД-42	2600 Лм	27 Вт	1270×152×100	42	для освітлення приміщень з низьким стелями, виробничих цехів, складських приміщень, ангарів, підвалів, а також для освітлення автомийок, автосервісів, гаражів і будмайданчиків	
Промисловий світильник світлодіодний СД-42	3500 Лм	36 Вт	1270×152×100	42	для освітлення промислових приміщень з низьким стелями, виробничих цехів, складських приміщень, ангарів, підвалів, а також для освітлення автомийок, автосервісів, гаражів і будмайданчиків	

Тип світильника	Характеристики				Застосування	Загальний вигляд
	Світловий потік	Споживана потужність	Розміри, мм	Кількість світлодіодів, шт		
Промисловий стельовий світильник світлодіодний СД-42	5000 Лм	50 Вт	1270×152×100	42	для освітлення промислових приміщень з низьким стелями, виробничих цехів, складських приміщень, ангарів, підвалів, а також для освітлення автомийок, автосервісів, гаражів і будмайданчиків	
Світлодіодний стельовий L-industry 36	4392 Лм	45 Вт	81×1069,5×83	36	для освітлення промислових об'єктів, складів, а також може застосовуватися для зовнішнього освітлення залізничних платформ і перетинів	

Світильник світлодіодний L-industry 48	5856 Лм	60 Вт	81×1069,5×83	48	для освітлення промислових об'єктів, складів, а також може застосовуватися для зовнішнього освітлення залізничних платформ і переїздів	
Промисловий світлодіодний світильник L-INDUSTRY 24/2904/30/	2904 Лм	30 Вт	523×83×81	24	для освітлення промислових об'єктів, складів, невеликих виробництв, автотойок	
Промисловий світлодіодний світильник L-INDUSTRY 72/8712/90/	8712 Лм	90 Вт	527×245×107	72	для освітлення промислових об'єктів, складів, виробничих приміщень, підземних і багаторівневих паркінгів, автотойок, а також для зовнішнього освітлення залізничних платформ і переїздів	

Тип світильника	Характеристики				Застосування	Загальний вигляд
	Світловий потік	Споживана потужність	Розміри, мм	Кількість світилодіодів, шт		
Світильник світлодіодний L-industry 96	11616 Лм	120 Вт	107×527×326	96	для освітлення промислових об'єктів і складів	
Промисловий підвісний світлодіодний світильник СД-65	5500 Лм	65 Вт	1030×150×75	48	для загального енергозберігаючого освітлення промислових об'єктів, складських і виробничих приміщень, торгових залів, різних цехів, а також для загального освітлення державних і муніципальних установ	

Світильник побутовий SVETECO 8	976 Лм	10 Вт	70×150	8	 для внутрішнього енергозберігаючого освітлення сходових кліток і під'їздів житлових багатоквартирних будинків
Накладний стельовий світильник світлодіодний СПО-18/100	1800 Лм	20 Вт	230×140×55	18	 для установки на стінах, стелях під'їзних, офісних, виробничих, складських приміщень, магазинів з метою спільного, аварійного освітлення та енергозбереження
Накладний стельовий світильник світлодіодний СПО-36/100	3600 Лм	40 Вт	430×140×55	36	 для установки на стінах, стелях під'їзних, офісних, виробничих, складських приміщень, магазинів з метою спільного, аварійного освітлення та енергозбереження

Тип світильника	Характеристики				Застосування	Загальний вигляд
	Світловий потік	Споживана потужність	Розміри, мм	Кількість світлодіодів, шт		
Накладний світильник світлодіодний СПО-70/100	7200 Лм	75 Вт	830×140×55	70	для установки на стінах, стелях під'їздних, офісних, виробничих, складських приміщень, магазинів з метою спільного, аварійного освітлення та енергозбереження	

Світлодіодне освітлення застосовується у світлотехніці для створення дизайнерського висвітлення в спеціальних сучасних дизайн-проектах. Надійність світлодіодних джерел світла дозволяє використовувати їх у важкодоступних для часткої заміни місцях (вбудоване стельове освітлення, всередині натяжних стель і т. д.).

2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

При проектуванні освітлювальної установки необхідно вирішити наступні питання:

1. Вибрати тип джерела світла.
2. Визначити систему освітлення.
3. Вибрати тип світильників з урахуванням вимог до якості освітлення, економічності, безпеки і надійності роботи, а також вимог технічної естетики й архітектури приміщення.
4. Розподілити світильники і визначити їх кількість. Вони можуть розміщуватися рядами, у шаховому порядку, ромбоподібно. Якість освітлення залежить від відношення відстані між центрами світильників L до висоти їх підвішування над освітлюваною поверхнею h .
5. Визначити норму освітленості на робочому місці (табл. 5.2, 5.3). Для цього необхідно встановити характер виконуваної роботи за номінальним розміром об'єкта розпізнання, контрасту об'єкта з фоном і фоном на робочому місці. Відповідно до обраної системи освітлення і джерела світла знайти мінімальну нормовану освітленість.

Розрахунок систем освітлення з використанням світлодіодних світильників застосовується для загального освітлення з рівномірним розташуванням світильників. Доцільним методом розрахунку систем штучного освітлення з використанням світлодіодних світильників є **метод коефіцієнта використання світлового потоку**.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь при відсутності великих предметів, що затінюють, з урахуванням світла, відбитого стінами і стелею. За даним методом визначаються світловий потік і потужність ламп, необхідні для створення заданої освітленості, а також необхідна кількість світильників.

Необхідний **світловий потік** однієї лампи визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E_{\min} S K_3 Z}{N \eta}, \text{ Лм} \quad (5.1)$$

де $E_{\min}$ – рівень мінімального освітлення за нормами, Лк;

S – площа приміщення, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу;

Z – коефіцієнт мінімального освітлення;

N – кількість світильників;

η – коефіцієнт використання світлового потоку ламп, встановлених у світильнику.

Рівень мінімального освітлення $E_{\min}$ визначається за відповідними таблицями норм освітлення (табл. 5.2, 5.3). У випадках, якщо назва проектуваного приміщення відсутня в таблицях, норму освітлення необхідно вибрати для аналогічного за призначенням приміщення.

Освітлювана площа приміщення S визначається звичайним способом. Якщо конфігурація приміщення (за планом) має складну форму, то його розбивають на ділянки прямокутної форми, для яких обчислюють площу, і подальший розрахунок освітлення роблять для кожної ділянки окремо, а потім підсумовують загальну кількість світильників у приміщенні.

Таблиця 5.2. Норми освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Пірозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	При загальному штучному освітленні
1	2	3	4	5	6	7
Найвищої точності	Менше 0,15	I	а	Малий	Темний	1500
			б	Малий Середній	Середній Темний	1250
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	750
			г	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	400
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	а	Малий	Темний	1250
			б	Малий Середній	Середній Темний	750
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	500
			г	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	300

1	2	3	4	5	6	7
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	a	Малий	Темний	500
			б	Малий Середній	Середній Темний	300
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	300
			г	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	200
Середньої точності	Більше 0,5 до 1,0	IV	a	Малий	Темний	300
			б	Малий Середній	Середній Темний	200
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	200
			г	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	150

Малої точності	Більше 1,0 до 5	V	a	Малий	Темний	200
			б	Малий Середній	Середній Темний	150
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	150
			г	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	100
Груба (дуже малої точності)	Більше 5	VI	Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном			150

Таблиця 5.3. Нормовані показники освітлення основних приміщень громадських, житлових, допоміжних та промислових будинків (ДБН В.2.5-28-2006)

Приміщення	Площина (Г – горизонтальна, В – вертикальна), нормування освітленості і КПО, висота площини над підлогою, м	Розряд і підрозряд зорової роботи	Штучне освітлення	
			Освітленість робочих поверхонь, Лк	при комбіно- ваному освітленні
1	2	3	4	5
Адміністративні будинки (міністерства, відомства, комітети, префектури, муніципалітети, управління, конструкторські та проектні організації, науково-дослідні установи тощо)				
1. Кабінети й робочі кімнати	Г - 0,8	Б-1	400/200	300
2. Проектні зали і кімнати, конструкторські, креслярські бюро	Г - 0,8	А-1	600/400	500
3. Книгосховища й архіви, приміщення фонду відкритого доступу	В - 1,0 на стелажах	—	75	—
4. Макетні, столярні й ремонтні майстерні	Г - 0,8 на верстаках і робочих столах	Шв	750/200	300
5. Приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами, дисплейні зали	В - 1,2 на екрані дисплея Г - 0,8 на робочих столах	Б-2	—	200
		А-2	500/300	400

6. Конференц-зали, зали засідань	Г - 0,8	Г	—	300
7. Читальні зали	Г - 0,8	A-2	500/300	400
8. Кулуари (фойє)	Підлога	Е	—	150
9. Лабораторії: органічної та неорганічної хімії, термічні, фізичні, спектрографічні, стиліометричні, фотометричні, мікроскопні, рентгеноструктурного аналізу, механічні та радіовимірвальні, електронних пристроїв, препараторські	Г - 0,8	A-2	500/300	400
10. Аналітичні лабораторії	Г - 0,8	A-1	600/400	500
Банківські та страхові установи				
11. Операційний зал, кредитна група, касовий зал, приміщення для перерахування грошей	Г - 0,8 на робочих столах	A-2	500/300	400
Установи загальної освіти, початкової, середньої та вищої спеціальної освіти				
12. Класні кімнати, аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії загальноосвітніх шкіл, шкіл-інтернатів, середньо-спеціальних і професійно-технічних установ	В - 1,5 на середні дошки	A-1	—	500
	Г - 0,8 на робочих столах і партах	A-2	—	400
13. Аудиторії навчальні кабінети, лабораторії в технікумах і вищих навчальних закладах	Г - 0,8 на робочих столах і партах	A-2	—	400

1	2	3	4	5
14. Кабінети інформатики і обчислювальної техніки	В - 1,0 на екрані дисплея	Б-2	—	200
	Г-0,8 на робочих столах і партах	Б-2	500/300	400
15. Кабінети технічного креслення та малювання	В - на дошці	А-1	—	500
	Г-0,8 на робочих столах і партах	А-1	—	500
16. Майстерні з обробки металів та деревини	Г-0,8 на верстаках і робочих столах	ШБ	1000/200	300
17. Спортивні зали	Підлога, Г-0,0	Б-2	—	200
	В - на рівні 2,0 м від підлоги з обох сторін на поздовжній осі приміщення	—	—	75
18. Актіві зали, кіноаудиторії	Г-0,0	Д	—	200
19. Кабінети й кімнати викладачів	Г-0,8	Б-1	—	300

Коефіцієнт запасу K_3 враховує експлуатаційне зниження освітленості, в порівнянні із запроєктованою, внаслідок забруднення світильників і ламп, а також зменшення світлового потоку ламп у процесі їхньої експлуатації. Значення K_3 , регламентовані СНІП, коливаються в межах 1,3...2 для промислових освітлювальних установках (ОУ) і 1,3...1,5 для ОУ громадських будівель. При дотриманні умов експлуатації світлодіодів у ОУ зниження освітленості у світлодіодних світильниках відсутнє. У зарубіжних нормах і стандартах для обліку даного чинника використовується коефіцієнт експлуатації MF . Він пов'язаний з коефіцієнтом запасу співвідношенням $MF = 1/K_3$. Для деяких світлодіодних світильників слід брати коефіцієнт запасу – 1.

Коефіцієнт мінімальної освітленості Z дорівнює відношенню середньої освітленості до мінімальної. Він враховує нерівномірність освітленості і залежить і основному від відношення відстаней між світильниками і від їх типів. Значення цього коефіцієнта приймають рівним 1,1.

Коефіцієнт використання світлового потоку ламп η визначають за табл. 5.4. Він залежить від типу світильників, коефіцієнтів відбиття стелі – $\rho_{\text{п}}$, стін – $\rho_{\text{с}}$, розрахункової поверхні або підлоги $\rho_{\text{р}}$ та індексу приміщення i .

Значення коефіцієнтів відбиття знаходиться за табл. 5.5.

Індекс приміщення обчислюють за формулою:

$$i = \frac{AB}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.2)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею, м.

Таблиця 5.4. Значення коефіцієнтів використання світлового потоку ламп η, %, світлодіодних світильників

Тип світильника	Коефіцієнт відбиття			Індекс приміщення <i>i</i>								
	Стелі ρ _{st} , %	Стін ρ _c , %	Розрахункові поверхні або підлоги ρ _p , %	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3	4	5
Вбудований поворотний світильник КН-DL03-220	0	0	0	10	12	16	19	24	27	30	32	34
	50	30	10	14	18	24	29	37	42	48	52	53
	50	50	10	16	21	27	32	40	45	50	54	56
	70	50	10	22	28	35	41	50	55	61	65	67
	70	50	30	23	29	37	43	54	60	68	73	76
Світлодіодний світильник КН-HS-3-SC1036-220 / КН-HS-3-SC1036-12	0	0	0	15	18	24	28	35	39	44	46	48
	50	30	10	19	22	29	34	41	45	50	52	55
	50	50	10	24	26	33	38	44	48	52	54	56
	70	50	10	23	28	34	39	46	50	55	57	59
	70	50	30	26	30	37	43	51	55	51	64	67
Світлодіодний світильник КН-HS3-10-220 / КН-HS3- 10-12	0	0	0	16	20	28	34	44	49	56	59	62
	50	30	10	18	22	29	35	45	51	58	61	65
	50	50	10	21	25	33	40	49	55	61	64	67
	70	50	10	27	32	39	45	54	59	63	68	70
	70	50	30	28	33	42	49	60	65	73	77	80
Світильники офісні L-office 25XP-G/5850/62; L-OFFICE 25/3025/32; СД-45БТ в тон. корпусі	0	0	0	9	12	17	21	28	32	37	40	43
	50	30	10	11	14	19	23	30	35	41	44	48
	50	50	10	13	17	23	28	36	40	45	48	51
	70	50	10	18	23	29	34	42	46	52	54	57
	70	50	30	22	25	31	37	46	51	58	61	65

Накладні стельові світильники світлодіодні СД-36; СД-70	0	0	0	12	16	22	28	36	40	45	48	50
	50	30	10	13	17	24	29	37	41	47	49	52
	50	50	10	16	20	27	32	40	44	49	51	53
	70	50	10	20	25	31	36	44	48	52	54	56
	70	50	30	20	26	34	40	48	52	58	61	64
	0	0	0	12	15	21	25	32	36	41	43	46
Офісні стельові світильники світлодіодні СД-35Б; СД-35; СД-50	50	30	10	15	19	25	30	36	40	45	47	49
	50	50	10	19	23	28	33	39	42	47	49	50
	70	50	10	20	24	29	34	40	44	48	50	52
	70	50	30	21	25	31	37	44	48	54	56	59
	0	0	0	8	10	13	15	19	21	24	25	26
	50	30	10	11	15	20	24	30	34	38	40	42
Накладні стельові світильники світлодіодні СД-17; СД-26	50	50	10	14	18	23	27	32	36	40	42	44
	70	50	10	19	22	27	32	38	42	47	49	51
	70	50	30	19	23	29	34	42	47	53	56	59
	0	0	0	10	12	16	19	24	27	30	32	34
	50	30	10	14	18	24	29	37	42	48	52	53
	50	50	10	16	21	27	32	40	45	50	54	56
Світлодіодний світильник L-SCHNOOL 24/2904/30	70	50	10	22	28	35	41	50	55	61	65	67
	70	50	30	23	29	37	43	54	60	68	73	76
	0	0	0	15	18	24	28	35	39	44	46	48
	50	30	10	19	22	29	34	41	45	50	52	55
	50	50	10	24	26	33	38	44	48	52	54	56
	70	50	10	23	28	34	39	46	50	55	57	59
Промисловий світильник світлодіодний СД-42	70	50	30	26	30	37	43	51	55	64	67	67

Тип світильника	Коефіцієнт відбиття			Індекс приміщення i								
	Стелі $\rho_{\text{ш}}, \%$	Стін $\rho_{\text{с}}, \%$	Розрахункові поверхні або підлоги $\rho_{\text{п}}, \%$	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3	4	5
Світлодіодні світильники L-industry 36 L-industry 48;	0	0	0	16	20	28	34	44	49	56	59	62
	50	30	10	18	22	29	35	45	51	58	61	65
	50	50	10	21	25	33	40	49	55	61	64	67
	70	50	10	27	32	39	45	54	59	63	68	70
	70	50	30	28	33	42	49	60	65	73	77	80
Промислові світлодіодні світильники L-INDUSTRY 24/2904/30/; L-INDUSTRY 72/8712/90/	0	0	0	9	12	17	21	28	32	37	40	43
	50	30	10	11	14	19	23	30	35	41	44	48
	50	50	10	13	17	23	28	36	40	45	48	51
	70	50	10	18	23	29	34	42	46	52	54	57
	70	50	30	22	25	31	37	46	51	58	61	65
Світильник світлодіодний L-industry 96	0	0	0	12	16	22	28	36	40	45	48	50
	50	30	10	13	17	24	29	37	41	47	49	52
	50	50	10	16	20	27	32	40	44	49	51	53
	70	50	10	20	25	31	36	44	48	52	54	56
	70	50	30	20	26	34	40	48	52	58	61	64
Промисловий підвісний світлодіодний світильник СД-65	0	0	0	12	15	21	25	32	36	41	43	46
	50	30	10	15	19	25	30	36	40	45	47	49
	50	50	10	19	23	28	33	39	42	47	49	50
	70	50	10	20	24	29	34	40	44	48	50	52
	70	50	30	21	25	31	37	44	48	54	56	59

Світильник побутовий SVETECO 8	0	0	0	8	10	13	15	19	21	24	25	26
	50	30	10	11	15	20	24	30	34	38	40	42
	50	50	10	14	18	23	27	32	36	40	42	44
	70	50	10	19	22	27	32	38	42	47	49	51
	70	50	30	19	23	29	34	42	47	53	56	59
	0	0	0	15	18	24	28	35	39	44	46	48
Накладний стельовий світильник світлодіодний СПО-18/100	50	30	10	19	22	29	34	41	45	50	52	55
	50	50	10	24	26	33	38	44	48	52	54	56
	70	50	10	23	28	34	39	46	50	55	57	59
	70	50	30	26	30	37	43	51	55	61	64	67
	0	0	0	16	20	28	34	44	49	56	59	62
	50	30	10	18	22	29	35	45	51	58	61	65
Накладний стельовий світильник світлодіодний СПО-36/100	50	50	10	21	25	33	40	49	55	61	64	67
	70	50	10	27	32	39	45	54	59	63	68	70
	70	50	30	28	33	42	49	60	65	73	77	80
	0	0	0	16	20	28	34	44	49	56	59	62
	50	30	10	18	22	29	35	45	51	58	61	65
	50	50	10	21	25	33	40	49	55	61	64	67
Накладний стельовий світильник світлодіодний СПО-70/100	70	50	10	27	32	39	45	54	59	63	68	70
	70	50	30	28	33	42	49	60	65	73	77	80
	0	0	0	16	20	28	34	44	49	56	59	62
	50	30	10	18	22	29	35	45	51	58	61	65
	50	50	10	21	25	33	40	49	55	61	64	67
	70	50	10	27	32	39	45	54	59	63	68	70

Таблиця 5.5. Приблизні значення коефіцієнтів відбиття ρ стін, стелі, підлоги

Характер поверхні	ρ , %
Побілена стеля та побілені стіни з вікнами, покритими білими шторами	70
Побілені стіни при незавішених вікнах, побілена стеля в сирих приміщеннях, а також чисті бетонні і світлі дерев'яні стелі	50
Бетонна стеля в брудних приміщеннях; дерев'яна стеля; бетонні стіни з вікнами; стіни, обклеєні світлими шпалерами	30
Стіни і стелі в приміщеннях з великою кількістю темного пилу; суцільне скління без штор; червона цегла неоштукатурена; стіни з темними шпалерами	10
Темна розрахункова поверхня чи темна підлога	10

Рівномірність освітлення досягається оптимальним розміщенням світильників у просторі проектованого приміщення (рис. 5.2).

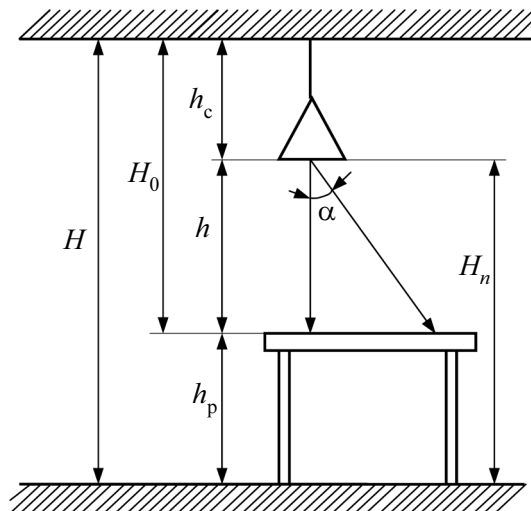


Рис. 5.2. Розміщення світильника в приміщенні

Необхідні параметри розраховуються при відношеннях:

$$L < 2 h;$$

$L / h = 1,4 - 1,8$ – при паралельному розміщенні світильників;

$L / h = 1,8 - 2,5$ – при шаховому розташуванні світильників;

$l = (0,25 - 0,3) L$ – при розміщенні робочих місць уздовж стіни;

$l = (0,4 - 0,5) L$ – при віддаленні робочих місць від стіни;

$$h = H_0 - h_c;$$

$$h_c = (0,2 - 0,25) H_0;$$

$$H_0 = H - h_0;$$

$$H_n = h + h_p,$$

де H – висота приміщення, м; H_0 – відстань від стелі до робочої поверхні, м; H_n – висота підвішування світильника над підлогою, м; h – висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею, м; h_c – відстань від стелі до світильника, м; h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м; L – відстань між центрами світильників, м; l – відстань від стіни до центра світильника, м.

Висота підвішування світильника залежить від висоти приміщення, потужності лампи, типу світильника і системи освітлення. Так, мінімально висота над підлогою світильників загального освітлення з лампами розжарювання від 2,5 до 4 м при потужності ламп до 200 Вт і від 3 до 6 м при потужності ламп більше 200 Вт. Мінімальна висота підвішування світильників або світлових смуг над підлогою з числом ламп до 4 – від 2,6 до 4 м, при 4 і більше – від 3,2 до 4,5 м.

Число світильників у приміщенні визначається за формулою:

$$N = \frac{S}{L^2}. \quad (5.3)$$

За знайденим значенням світлового потоку Φ за табл. 5.1. Вибирається найближча стандартна лампа, світловий потік якої не повинен відрізнятися від Φ більше ніж $-10...+20\%$. При неможливості вибору з таким наближенням корегується число світильників N .

Фактична освітленість, Лк,

$$E_{\Phi} = E_n \frac{\Phi_l}{\Phi_p}, \quad (5.4)$$

де Φ_l – світловий потік обраної лампи, Лм;

Φ_p – світловий потік лампи, отриманої за розрахунком, Лм.

Загальна потужність освітлювальної установки P_z , Вт, визначається за формулою

$$P_z = P_l N, \quad (5.5)$$

де P_l – потужність обраної лампи.

Кількість світильників, необхідних для створення заданого освітлення, розраховується за формулою

$$N = \frac{E_{\min} SK_z Z}{n \Phi_l \eta}, \quad (5.6)$$

де $n \Phi_l$ – сумарний світловий потік ламп, встановлених в одному світильнику (n – кількість ламп; Φ_l – світловий потік однієї лампи, Лм).

Приклад. Зробити розрахунок загального освітлення виробничого приміщення. Довжина $A = 60$ м, ширина $B = 18$ м, висота $H = 4$ м. Висота робочої поверхні $h_p = 1$ м. Для освітлення приймаємо світлодіодні світильник типу L-office 25XP-G/5850/62. Коефіцієнт відбиття $\rho_n = 70\%$, стін $\rho_c = 50\%$, робочої поверхні $\rho_p = 10\%$.

Розв'язання. Відстань від стелі до робочої поверхні

$$H_0 = H - h_p = 4 - 1 = 3 \text{ м.}$$

Відстань від стелі до світильника $h_c = 0 \text{ м.}$

Висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею

$$h = H_0 - h_c = 3 - 0 = 3 \text{ м.}$$

Висота підвішування світильника над підлогою

$$H_{\text{п}} = h + h_p = 3 + 1 = 4 \text{ м.}$$

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення

$$L / h = 1,5.$$

Відстань між центрами світильників

$$L = 1,5 h = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ м.}$$

Індекс приміщення

$$i = \frac{AB}{h \cdot (A + B)} = \frac{60 \cdot 18}{3 \cdot (60 + 18)} = 4,6.$$

За табл. 5.4 при $i = 4,6$; $\rho_n = 70\%$, $\rho_c = 50\%$, $\rho_p = 10\%$ для світильників типу L-office 25XP-G/5850/62 коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,56$.

Кількість світильників, необхідних для створення заданого освітлення,

$$N = \frac{E_{\text{min}} SK_z Z}{n \Phi_{\text{л}} \eta} = \frac{300 \cdot 1080 \cdot 1 \cdot 1,1}{5850 \cdot 0,56} = 108 \text{ шт.}$$

Загальна потужність освітлювальної установки

$$P_3 = P_{\text{л}} N = 62 \cdot 108 = 6696 \text{ Вт} = 6,7 \text{ кВт.}$$

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Отримати варіант завдання.
2. Вибрати тип світлодіодного світильника. Вибрати систему освітлення.
3. Обґрунтувати нормовану освітленість на робочих поверхнях заданого об'єкта.
4. Вибрати схему розміщення світильників.
5. Встановити необхідну кількість світильників.
6. Оцінити коефіцієнт запасу освітленості k , і коефіцієнт нерівномірності освітлення Z .
7. Розрахувати індекс приміщення i .
8. Знайти коефіцієнт використання світлового потоку η .
9. Розрахувати світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}}$, який необхідно забезпечити на об'єкті для необхідної освітленості E_{min} .
10. Розрахувати потужність освітлювальної системи.
11. Виконати ескіз розташування світильників на плані приміщення із зазначенням розмірів.
12. Виконати розрахунок системи освітлення з використанням газорозрядних джерел освітлення [4].
13. Порівняти результати розрахунків.
14. У висновку визначити ефективність використання світлодіодних світильників.

Таблиця 5.5. Варіанти завдання до практичної роботи

Номер варіанта	Найменування приміщення	Розміри приміщення			Коефіцієнт відбиття, %			
		$A, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	стелі ρ_n	стін ρ_c	робочої поверхні ρ_p	
1	Аналітична лабораторія	12	10	4	50	50	10	
2	Хімічна лабораторія	16	12	3	50	30	10	
3	Конструкторське бюро	16	14	3,5	70	50	10	
4	Столярна майстерня	18	15	4,5	50	30	10	
5	Ремонтна майстерня	14	12	4	50	50	10	
6	Конференц-зал	15	15	5	70	50	10	
7	Аудиторія навчальна	35	12	4,5	70	50	30	
8	Кабінет інформатика та обчислювальної техніки	27	15	6	70	50	30	
9	Кабінет технічного креслення та малювання	12	12	4	70	50	30	
10	Спортивний зал	20	28	5,5	70	50	10	
11	Актівний зал	35	25	6	50	50	10	
12	Офісне приміщення	10	7	3,5	70	50	30	

Практична робота № 6

РОЗРАХУНОК ШУМУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Мета роботи: розрахувати рівень звукового тиску на робочому місці. Розробити заходи по зниженню рівня звукового тиску до нормативних значень.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Джерелами шуму на різних підприємствах можуть бути: виробниче та енергетичне обладнання, компресорні та насосні станції, вентиляторні установки, трансформаторні підстанції, продукція підприємств та її перевірка на стендах (двигуни внутрішнього згоряння, авіаційні двигуни, компресори тощо).

Основною шумовою характеристикою джерел шуму є рівні звукової потужності в октавних смугах частот. Шумові характеристики обладнання наводяться в паспорті на це обладнання, або в інструкції по експлуатації.

Для проведення акустичного розрахунку необхідно обрати розрахункові точки. Для джерел, що випромінюють шум в навколишнє середовище, розрахункову точку обирають на відстані 2 м від площини вікон найближчих будівель, на висоті 1,2 м від поверхні землі.

На території промислових підприємств звичайно обирають дві або три розрахункові точки.

При випромінюванні шуму в приміщенні (наприклад від вентиляційної системи) або якщо джерело шуму знаходиться в приміщенні з нормованим рівнем шуму, то розрахункові точки розташовують всередині приміщення.

В останньому випадку обирають одну або дві точки: на робочих місцях, розташованих в зоні дії відбитого звуку,

і в зоні дії як відбитого, так і прямого звуку. В обох випадках розрахункові точки повинні знаходитися на рівні вуха робітника (на висоті 1,2...1,5 м від підлоги).

У приміщенні, що розглядається, встановлено кілька різних джерел шуму (рис. 6.1), очікувані рівні звукового тиску від усіх джерел в обраних розрахункових точках (на робочих місцях) визначаються за формулою

$$L = 10 \lg \cdot \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \alpha_i}{S_i} + \frac{4}{B_{\text{ш}}} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \quad (6.1)$$

де $\Delta_i = 10^{0,1L_{pi}}$ – визначається за табл. 6.3; $L_{pi} = k \cdot L_{pi}$ – активний рівень звукової потужності, що випромінюється i -м джерелом шуму, дБ;

S – площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що оточує джерело та проходить через розрахункову

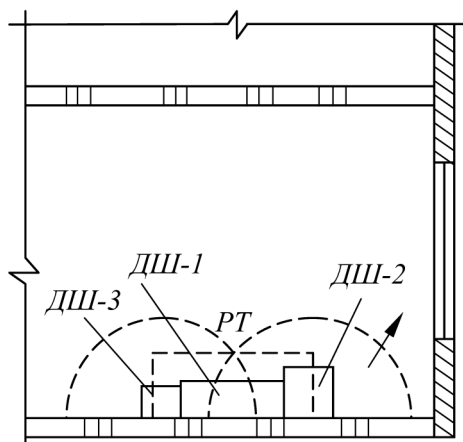


Рис. 6.1. Схема розміщення розрахункової точки РТ та джерел шуму ДШ

точку, м^2 . Для невеликих джерел, у яких $2l_{\max} < r$ ($l_{\max}$ – максимальний габаритний розмір джерела шуму, м ; r_i – відстань від розрахункової точки до акустичного центру (проекція геометричного центру машини на горизонтальну площину); i_2 – джерело шуму, приймається $S_i = 2\pi r_i^2$;

α_i – емпіричний коефіцієнт, що враховує вплив ближнього поля та приймається в залежності від відношення відстані r_i до максимального габаритного розміру i -го джерела за графіком (рис. 6.2) (при $2l_{\max} < r$; $\alpha = 1$);

$B_{\text{ш}}$ – постійна приміщення, м^2 .

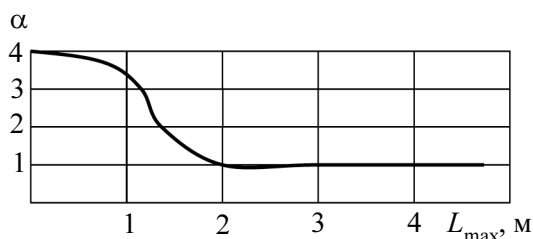


Рис. 6.2. Графік для визначення параметра α

Постійна приміщення B характеризує його повне звукопоглинання.

Розрахунки, які дозволяють знайти еквівалентну площу звукопоглинання, досить складні і не завжди співпадають з характеристиками, отриманими експериментально. Тому прийнято визначити всі характеристики, приймаючи постійну приміщення первинною величиною, отриманою експериментально на основі узагальнення результатів вимірювань в багатьох приміщеннях.

Постійну приміщення B акустично необробленого приміщення знаходять множенням постійної приміщення на середньо геометричній частоті 1000 Гц (B_{1000}) на частотний множник μ ($B = B_{1000} \mu$).

Постійна приміщення B_{1000} визначається за графіком (рис. 6.3). Вибір індексу прямої (а – г) при користуванні графіком визначається за табл. 6.1. Значення частотного множника ψ наведені в табл. 6.2.

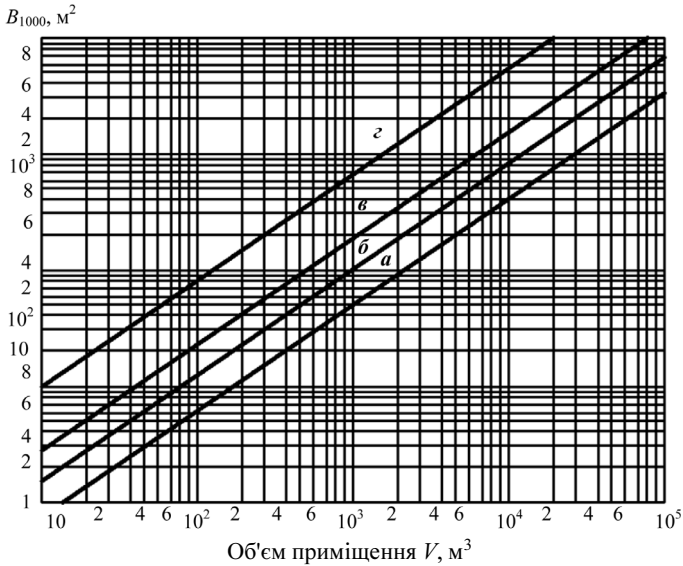


Рис. 6.3. Графік для визначення постійної приміщення B_{1000}

Таблиця 6.1. Вибір індексу прямої на рис. 6.3

Описання приміщення	Індекс прямої на рис. 6.3
Без меблів, з невеликою кількістю людей (метало-обробні цехи, вентиляційні камери, генераторні, машинні зали, випробувальні стенди і т. д.)	а
З жорсткими меблями або з невеликою кількістю людей та м'яких меблів (лабораторії, деревообробні цехи і т. д.)	б
З великою кількістю людей та м'яких меблів (робочі приміщення адміністративних будівель, конструкторські зали, аудиторії і т. д.)	в
Приміщення зі звукопоглинальним облицюванням стелі та частини стін	г

Таблиця 6.2. Значення частотного множника μ

Об'єм приміщення, м ³	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V \leq 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200-500$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 500$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Необхідне зниження рівня звукового тиску в розрахунковій точці від одного джерела шуму визначається як різниця очікуваного рівня звукового тиску в розрахунковій точці до здійснення заходів по зниженню шуму L та допустимого рівня $L_{\text{доп}}$:

$$\Delta L_{\text{н}} = L - L_{\text{доп}}, \text{ дБ.} \quad (6.2)$$

У замкнених приміщеннях з шумним обладнанням розраховують необхідне зниження при одночасній роботі всіх джерел:

$$\Delta L_{\text{н.заг}} = L_{\text{заг}} - L_{\text{доп}}, \text{ дБ,} \quad (6.3)$$

де $L_{\text{заг}}$ – октавний рівень звукового тиску в розрахунковій точці від усіх джерел шуму, дБ; визначається за формулою 6.1.

Вибір заходів по зниженню шуму

При плануванні приміщень всередині будівель необхідно передбачити максимально можливе віддалення тихих та малошумних приміщень від приміщень з інтенсивними джерелами шуму.

Для зменшення шуму в приміщенні з джерелами його випромінювання використовуються наступні акустичні заходи:

- кабінни спостереження, дистанційне управління та спеціальні бокси для найбільш шумного обладнання;
- звукоізолюючі кожухи, акустичні екрани та вигородки;

Таблиця 6.3. Знаходження величини

Одиниці / Десятки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta = 10^{-0,1K}$										
0	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8
1	1×10^1	$1,3 \times 10^1$	$1,6 \times 10^1$	2×10^1	$2,5 \times 10^1$	$3,2 \times 10^1$	4×10^1	5×10^1	$6,3 \times 10^1$	8×10^1
2	1×10^2	$1,3 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	2×10^2	$2,5 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	4×10^2	5×10^2	$6,3 \times 10^2$	8×10^2
3	1×10^3	$1,3 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	2×10^3	$2,5 \times 10^3$	$3,2 \times 10^3$	4×10^3	5×10^3	$6,3 \times 10^3$	8×10^3
4	1×10^4	$1,3 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	2×10^4	$2,5 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	5×10^4	$6,3 \times 10^4$	8×10^4
5	1×10^5	$1,3 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	2×10^5	$2,5 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	4×10^5	5×10^5	$6,3 \times 10^5$	8×10^5
6	1×10^6	$1,3 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	2×10^6	$2,5 \times 10^6$	$3,2 \times 10^6$	4×10^6	5×10^6	$6,3 \times 10^6$	8×10^6
7	1×10^7	$1,3 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$	2×10^7	$2,5 \times 10^7$	$3,2 \times 10^7$	4×10^7	5×10^7	$6,3 \times 10^7$	8×10^7
8	1×10^8	$1,3 \times 10^8$	$1,6 \times 10^8$	2×10^8	$2,5 \times 10^8$	$3,2 \times 10^8$	4×10^8	5×10^8	$6,3 \times 10^8$	8×10^8
9	1×10^9	$1,3 \times 10^9$	$1,6 \times 10^9$	2×10^9	$2,5 \times 10^9$	$3,2 \times 10^9$	4×10^9	5×10^9	$6,3 \times 10^9$	8×10^9
10	1×10^{10}	$1,3 \times 10^{10}$	$1,6 \times 10^{10}$	2×10^{10}	$2,5 \times 10^{10}$	$3,2 \times 10^{10}$	4×10^{10}	5×10^{10}	$6,3 \times 10^{10}$	8×10^{10}
11	1×10^{11}	$1,3 \times 10^{11}$	$1,6 \times 10^{11}$	2×10^{11}	$2,5 \times 10^{11}$	$3,2 \times 10^{11}$	4×10^{11}	5×10^{11}	$6,3 \times 10^{11}$	8×10^{11}
$\Delta = 10^{-0,1K}$										
0	1	0,8	0,63	0,5	0,4	0,32	0,25	0,2	0,16	0,13
1	1×10^{-1}	$0,8 \times 10^{-1}$	$0,63 \times 10^{-1}$	$0,5 \times 10^{-1}$	$0,4 \times 10^{-1}$	$0,32 \times 10^{-1}$	$0,25 \times 10^{-1}$	$0,2 \times 10^{-1}$	$0,16 \times 10^{-1}$	$0,13 \times 10^{-1}$
2	1×10^{-2}	$0,8 \times 10^{-2}$	$0,63 \times 10^{-2}$	$0,5 \times 10^{-2}$	$0,4 \times 10^{-2}$	$0,32 \times 10^{-2}$	$0,25 \times 10^{-2}$	$0,2 \times 10^{-2}$	$0,16 \times 10^{-2}$	$0,13 \times 10^{-2}$
3	1×10^{-3}	$0,8 \times 10^{-3}$	$0,63 \times 10^{-3}$	$0,5 \times 10^{-3}$	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,32 \times 10^{-3}$	$0,25 \times 10^{-3}$	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,16 \times 10^{-3}$	$0,13 \times 10^{-3}$
4	1×10^{-4}	$0,8 \times 10^{-4}$	$0,63 \times 10^{-4}$	$0,5 \times 10^{-4}$	$0,4 \times 10^{-4}$	$0,32 \times 10^{-4}$	$0,25 \times 10^{-4}$	$0,2 \times 10^{-4}$	$0,16 \times 10^{-4}$	$0,13 \times 10^{-4}$
5	1×10^{-5}	$0,8 \times 10^{-5}$	$0,63 \times 10^{-5}$	$0,5 \times 10^{-5}$	$0,4 \times 10^{-5}$	$0,32 \times 10^{-5}$	$0,25 \times 10^{-5}$	$0,2 \times 10^{-5}$	$0,16 \times 10^{-5}$	$0,13 \times 10^{-5}$

Продовж. табл. 6.3

Одиниці / Десятки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	1×10^{-6}	$0,8 \times 10^{-6}$	$0,63 \times 10^{-6}$	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,4 \times 10^{-6}$	$0,32 \times 10^{-6}$	$0,25 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-6}$	$0,16 \times 10^{-6}$	$0,13 \times 10^{-6}$
7	1×10^{-7}	$0,8 \times 10^{-7}$	$0,63 \times 10^{-7}$	$0,5 \times 10^{-7}$	$0,4 \times 10^{-7}$	$0,32 \times 10^{-7}$	$0,25 \times 10^{-7}$	$0,2 \times 10^{-7}$	$0,16 \times 10^{-7}$	$0,13 \times 10^{-7}$
8	1×10^{-8}	$0,8 \times 10^{-8}$	$0,63 \times 10^{-8}$	$0,5 \times 10^{-8}$	$0,4 \times 10^{-8}$	$0,32 \times 10^{-8}$	$0,25 \times 10^{-8}$	$0,2 \times 10^{-8}$	$0,16 \times 10^{-8}$	$0,13 \times 10^{-8}$
9	1×10^{-9}	$0,8 \times 10^{-9}$	$0,63 \times 10^{-9}$	$0,5 \times 10^{-9}$	$0,4 \times 10^{-9}$	$0,32 \times 10^{-9}$	$0,25 \times 10^{-9}$	$0,2 \times 10^{-9}$	$0,16 \times 10^{-9}$	$0,13 \times 10^{-9}$
10	1×10^{-10}	$0,8 \times 10^{-10}$	$0,63 \times 10^{-10}$	$0,5 \times 10^{-10}$	$0,4 \times 10^{-10}$	$0,32 \times 10^{-10}$	$0,25 \times 10^{-10}$	$0,2 \times 10^{-10}$	$0,16 \times 10^{-10}$	$0,13 \times 10^{-10}$

- вібродемпфіруючі покриття на вібруючі поверхні;
- звукопоглинаюче облицювання стелі та стін або штучні звукопоглиначі;
- звукоізолювання кабін та зони відпочинку для обслуговуючого персоналу.

Необхідну звукоізоляцію повинні мати такі приміщення, які організаційно належать до розглядуваної виробничої ділянки (приміщення майстра, комори, контори і т. д.).

2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

Основними фізичними характеристиками шуму є рівні інтенсивності звуку та рівні звукового тиску.

Рівень інтенсивності (сили звуку) визначають за формулою

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ} \quad (6.4)$$

де $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ – інтенсивність звуку, яка відповідає порогу чутності на частоті 1000 Гц.

Цей рівень можна визначити і за звуковим тиском, оскільки інтенсивність звуку пропорційна квадрату звукового тиску:

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ} \quad (6.5)$$

де P_0 – порогів звуковий тиск, обраний таким чином, щоб при нормальних атмосферних умовах рівні звукового тиску дорівнювали рівням інтенсивності, тобто $P_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ на частоті 1000 Гц.

Величину рівня інтенсивності застосовують при отриманні формул акустичних розрахунків, а величину рівня звукового тиску – для вимірювання шуму та оцінки його впливу

на людину, оскільки органи слуху чутливі до середньоквадратичного звукового тиску.

Якщо в приміщенні шум створюють декілька джерел шуму, то їх інтенсивності сумуються. При цьому вважається, що джерела некогерентні, тобто створювані, або тиски мають довільні фази:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n.$$

Рівень інтенсивності при одночасній роботі цих джерел отримаємо, поділивши ліву та праву частину даного виразу на I_0 та прологарифмувавши:

$$10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \left(\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + \dots + \frac{I_n}{I_0} \right)$$

$$L = 10 \lg \left(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n} \right)$$

або

$$L = 10 \lg \cdot \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}, \text{ дБ.} \quad (6.6)$$

Якщо джерела шуму однакові, то сумарний рівень інтенсивності шуму L у рівновіддаленій від них точці визначають за формулою

$$L = L_1 + 10 \lg n, \text{ дБ,} \quad (6.7)$$

де L_1 – рівень інтенсивності шуму одного джерела; n – кількість джерел шуму.

Величину $10 \lg n$ можна визначити за таблицею 6.4.

Таблиця 6.4. Таблиця складання рівнів звукового тиску для однакових джерел шуму

Кількість джерел шуму n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	100
Добавка до рівня інтенсивності джерела шуму $10 \lg n$	0	3	5	6	7	8	9	10	13	15	16	20

При спільній дії двох різних джерел з рівними інтенсивності шуму L_1 та L_2 сумарний рівень інтенсивності шуму

$$L = L_1 + \Delta L, \text{ дБ}, \quad (6.8)$$

де L_1 – більший з двох прогумованих рівнів; ΔL – добавка, визначається за наступними даними таблиці 6.5.

Таблиця 6.5. Таблиця складання рівнів звукового тиску для різних джерел шуму

Різниця рівнів шуму L_1-L_2 , дБ	0	1	2	3	4	6	7	8	9	10	15	20
Величина ΔL , яка додається до більшого з рівнів шуму, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Таблиця 6.6. Нормативні рівні звукового тиску та рівні звуку на постійних робочих місцях (ДСН 3.3.6.037-99)

Призначення приміщення	Рівень звукового тиску, дБ, при середньо-геометричній частоті октавних смуг, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Приміщення та дільниці точної зборки, машинописне бюро	83	74	68	60	57	55	54	54
Лабораторії, приміщення для розміщення "шумних" агрегатів рахунково-обчислювальних машин (табуляторів, перфораторів, магнітних барабанів і т. д.)	94	87	82	78	75	73	71	70
Постійні робочі місця у виробничих приміщеннях на території підприємства	95	87	82	78	75	73	71	69

Приклад. Визначити необхідне зниження шуму, коли джерело шуму та розрахункова точка розташовані в одному зачиненому приміщенні.

У виробничому приміщенні (рис. 6.4, де r – відстань від джерел шуму до розрахункової точки) об'ємом 6200 м^3 (категорія "б" табл. 6.1) розміщено рівномірно десять джерел шуму (станків) двох типів: п'ять джерел одного типу, позначених 1, та п'ять – другого, позначення – 2. Рівні звукової потужності, що випромінюються кожним джерелом першого типу (L_{P1}) та другого (L_{P2}), наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7

Величина, дБ	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{P1}	95	106	110	105	105	103	101	98
L_{P2}	94	96	98	100	103	104	97	87

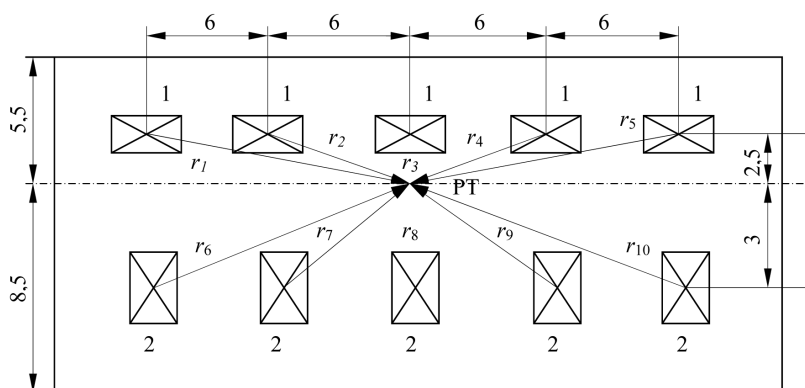


Рис. 6.4. Схема розташування розрахункової точки та джерел шуму в приміщенні

Розрахункова точка розташована в середині приміщення, між станками, на висоті 1,5 м від підлоги. Відстань від акустичних центрів джерел до розрахункової точки $r_1 = r_5 = 12,5 \text{ м}$; $r_2 = r_4 = 6,7 \text{ м}$; $r_3 = 2,9 \text{ м}$; $r_6 = r_{10} = 12,5 \text{ м}$; $r_7 = r_9 = 6,9 \text{ м}$; $r_8 = 3,4 \text{ м}$. Максимальний розмір будь-якого з розглянутих джерел не перевищує $l_{\max} = 1,4 \text{ м}$.

Октавні рівні звукового тиску в розрахунковій точці визначаються за формулою (6.1). Максимальна відстань від розрахункової точки до акустичного центра найближчого до неї джерела $r_{\min} = r_3 = 2,9$ м та $4r_{\min} = 11,6$ м. Загальна кількість розрахункових джерел шуму, розташованих поблизу розрахункової точки, для яких $r_i \leq 4r_{\min} = 11,6$ м, буде $n = 6$. Враховуються джерела, розташовані на відстанях $r_2 = r_4 = 6,7$ м; $r_3 = 2,9$ м; $r_7 = r_9 = 6,9$ м; $r_8 = 3,4$ м. Найбільший габаритний розмір розглянутих джерел $l_{\max} = 1,4$ м. Отже, для всіх джерел виконується умова $2l_{\max} < r_i$ і можна прийняти $S_i = 2\pi r_i^2$ та $\alpha_i \approx 1$ (див. рис. 6.2). За формулою 6.1., користуючись табл. 6.2, 6.4, визначаємо сумарні рівні звукового тиску L в розрахунковій точці від усіх джерел шуму. Величину B_u , яка входить до формули (6.1), визначаємо за графіком (рис. 6.3., табл. 6.1). Потім за формулою 6.3. знаходимо необхідне зниження шуму, прийнявши нормативні рівні звукового тиску за табл. 6.6.

Розрахунки зводимо до табл. 6.8.

Таблиця 6.8

№	Величина	Розмірність	Середньоггеометрична частота октавної смуги, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{p1}	дБ	95	106	110	105	105	103	101	98
2	L_{p2}		94	96	98	10	103	101	97	87
3	$\Delta_1 = 10^{0,1Lp_1}$		$3,2 \times 10^9$	4×10^{10}	1×10^{11}	$3,2 \times 10^{10}$	$3,2 \times 10^{10}$	$2,0 \times 10^{10}$	$1,3 \times 10^{10}$	$6,3 \times 10^9$
4	$\Delta_1 = 10^{0,1Lp_2}$		$2,5 \times 10^9$	4×10^9	$6,3 \times 10^9$	1×10^{10}	2×10^{10}	$1,3 \times 10^{10}$	5×10^9	5×10^8
5	$S_2 = S_4 = 2\pi r_2^2$	м ²	282	282	282	282	282	282	282	282
6	$S_3 = 2\pi r_3^2$		52	52	52	52	52	52	52	52
7	$S_7 = S_9 = 2\pi r_7^2$		300	300	300	300	300	300	300	300
8	$S_8 = 2\pi r_8^2$		73	73	73	73	73	73	73	73
9	$\frac{10^{0,1Lp_1}}{S_2}$	м ⁻²	$1,1 \times 10^7$	$1,4 \times 10^8$	$3,5 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$6,9 \times 10^7$	$4,5 \times 10^7$	$2,2 \times 10^7$
10	$\frac{10^{0,1Lp_2}}{S_3}$		6×10^7	$7,6 \times 10^8$	$1,9 \times 10^9$	6×10^8	6×10^8	$3,8 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$
11	$\frac{10^{0,1Lp_2}}{S_7}$		$8,4 \times 10^6$	$1,3 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$3,3 \times 10^7$	$6,7 \times 10^7$	$4,4 \times 10^7$	$1,7 \times 10^7$	$1,7 \times 10^6$
12	$\frac{10^{0,1Lp_2}}{S_8}$		$3,4 \times 10^7$	$5,5 \times 10^7$	$8,6 \times 10^7$	$1,4 \times 10^8$	$2,7 \times 10^8$	$1,8 \times 10^8$	$6,9 \times 10^7$	$6,9 \times 10^6$

13	$\frac{10^{0,1Lp_1}}{S_4}$	M^{-2}	$1,1 \times 10^7$	$1,4 \times 10^8$	$3,5 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$6,9 \times 10^7$	$4,5 \times 10^7$	$2,2 \times 10^7$
14	$\frac{10^{0,1Lp_2}}{S_9}$		$8,4 \times 10^6$	$1,3 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$3,3 \times 10^7$	$6,7 \times 10^7$	$4,4 \times 10^8$	$1,6 \times 10^7$	$6,9 \times 10^6$
15	Сума пп. 9-14		$1,3 \times 10^8$	$1,1 \times 10^9$	$2,7 \times 10^9$	1×10^9	$1,2 \times 10^9$	$7,9 \times 10^8$	$4,4 \times 10^8$	$1,7 \times 10^8$
16	$B_{u1000} (V = 6200)$	M^2	-	-	-	-	520	-	-	-
17	μ	-	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
18	$B_u = B_{u1000} \mu$	M^2	260	260	286	364	520	832	1560	3120
19	$4 / B_{III}$		$1,5 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-3}$	$4,8 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$
20	$\sum_1^5 10^{0,1Lp_1} = 5 \cdot 10^{0,1Lp_1}$		$1,6 \times 10^{10}$	2×10^{11}	5×10^{11}	$1,6 \times 10^{11}$	$1,6 \times 10^{11}$	1×10^{11}	$6,5 \times 10^{10}$	$3,2 \times 10^{10}$
21	$\sum_1^5 10^{0,1Lp_2} = 5 \cdot 10^{0,1Lp_2}$	-	$1,3 \times 10^{10}$	2×10^{10}	$3,2 \times 10^{10}$	5×10^{10}	1×10^{11}	$6,5 \times 10^{10}$	$2,5 \times 10^{10}$	$2,5 \times 10^9$
22	Сума пп. 20 та 21		$2,9 \times 10^{10}$	$2,2 \times 10^{11}$	$5,3 \times 10^{11}$	$2,1 \times 10^{11}$	$2,6 \times 10^{11}$	$1,6 \times 10^{11}$	9×10^{10}	$3,5 \times 10^{10}$
23	Добуток пп. 19 та 22		$4,4 \times 10^8$	$3,3 \times 10^9$	$7,4 \times 10^{10}$	$2,3 \times 10^9$	2×10^9	$7,7 \times 10^8$	$2,3 \times 10^8$	$4,6 \times 10^7$
24	Сума пп. 15 та 23		$5,7 \times 10^8$	$4,4 \times 10^9$	1×10^{10}	$3,3 \times 10^9$	$3,2 \times 10^9$	$1,6 \times 10^9$	$6,7 \times 10^8$	$2,2 \times 10^8$
25	$L_{зар} = 10/g(24)$		87,7	96,4	100	95,2	95,1	92	88,3	83,3
26	$L_{гор} = L_{\eta}$	дБ	95	87	82	78	75	73	71	69
27	$\Delta L_{\eta-зар}$		-	9,6	18	17,2	20,1	19	17,3	14,3

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Отримати варіант завдання для виконання розрахунку.
2. На схемі приміщення обрати розрахункову точку для проведення акустичного розрахунку.
3. Визначити нормативні рівні звукового тиску ($L_{\text{доп}}$) для розрахункової точки.
4. Визначити шляхи розповсюдження шуму від джерел до розрахункової точки.
5. Визначити необхідне зниження рівня звукового тиску $\Delta L_{\text{н.заг.}}$ у розрахункових точках.
6. Вибрати заходи для забезпечення нормативного рівня звукового тиску в розрахункових точках.
7. Результати розрахунку звести в таблицю.
8. Зробити висновки.

Завдання до практичної роботи

Визначити необхідне зниження шуму, коли джерело шуму та розрахункова точка розташовані в одному зачиненому приміщенні.

У виробничому приміщенні (рис. 6.4, де r – відстань від джерел шуму до розрахункової точки) об'ємом 3850 м^3 (категорія "б" табл. 6.1) розміщено рівномірно десять джерел шуму (станків) двох типів: п'ять джерел одного типу, позначених 1, та п'ять – другого, позначення – 2. Рівні звукової потужності, що випромінюються кожним джерелом першого типу (L_{P1}) та другого (L_{P2}), наведені в таблиці 6.9.

Розрахункова точка розташована в середині приміщення, між станками, на висоті 1,5 м від підлоги. Відстань від акустичних центрів джерел до розрахункової точки $r_1 = r_5 = 12,8 \text{ м}$; $r_2 = r_4 = 7,5 \text{ м}$; $r_3 = 3,2 \text{ м}$; $r_6 = r_{10} = 12,8 \text{ м}$; $r_7 = r_9 = 7,3 \text{ м}$; $r_8 = 3,7 \text{ м}$. Максимальний розмір будь-якого з розглянутих джерел не перевищує $L_{\text{max}} = 1,8 \text{ м}$.

Розрахунки зводимо до таблиці (табл. 6.8).

Таблиця 6.9

Номер варіанта	Величина, дБ	Середньогометрична частота октавної смуги, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{P1}	78	80	84	85	85	84	80	80
	L_{P2}	82	88	85	87	87	86	86	84
2	L_{P1}	74	80	82	80	79	82	78	73
	L_{P2}	75	78	79	80	79	77	72	63
3	L_{P1}	84	85	87	94	97	94	88	86
	L_{P2}	78	85	85	84	85	81	81	80
4	L_{P1}	66	66	71	75	74	71	64	57
	L_{P2}	87	90	93	93	89	90	87	80
5	L_{P1}	81	82	83	86	85	84	90	84
	L_{P2}	87	88	88	97	89	86	89	76
6	L_{P1}	92	95	94	95	95	90	93	92
	L_{P2}	85	90	92	92	92	89	86	87
7	L_{P1}	83	83	89	89	90	91	90	89
	L_{P2}	99	106	110	111	113	113	112	114
8	L_{P1}	96	104	104	105	104	102	99	95
	L_{P2}	81	86	84	86	85	81	80	75
9	L_{P1}	97	99	100	99	98	97	96	96
	L_{P2}	90	94	100	101	98	94	95	90
10	L_{P1}	89	95	97	98	97	94	96	96
	L_{P2}	85	91	90	97	96	96	96	93
11	L_{P1}	76	81	80	78	79	76	72	70
	L_{P2}	66	68	76	78	74	72	72	72
12	L_{P1}	53	64	80	78	74	75	72	71
	L_{P2}	65	70	69	72	70	69	60	52

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Жидецький, В. Ц.** Основи охорони праці [Текст] : підручник / В. Ц. Жидецький. – Львів : УАД, 2006. – 226 с.
2. Основи охорони праці [Текст] : підручник : 2-ге вид., допов. і перероб. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний [та ін.]. – К. : Основи, 2006. – 444 с.
3. **Протосерейський, О. С.** Охорона праці в галузі [Текст] : навч. посіб. / О. С. Протосерейський, О. І. Запорожець. – К. : Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 268 с.
4. **Тубальцев, А. М.** Виробниче освітлення та його розрахунок [Текст] : навч. посіб. / А. М. Тубальцев. – Миколаїв : УДМТУ, 2001. – 84 с.
5. Охорона праці в галузі : методичні рекомендації та завдання до контрольної роботи для студентів заочної форми навчання енергетичних спеціальностей ВНЗ [Текст] / С. С. Рижков, О. В. Щедролюсєв, Л. Л. Мойсеєнко, А. М. Тубальцев. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – 32 с.
6. ДБН В.2.5-28-2006 "Природне і штучне освітлення" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dbn.at.ua>.
7. ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oblses-kiev.com.ua>.
8. ДСТУ 2293-99 "Охорона праці. Терміни та визначення основних понять" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://law.at.ua>.
9. Гігієнічні нормативи ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу". Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 27.12.2001 № 528 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dnop.com.ua>.

10. НПАОП 0.00-4.21-04 "Типове положення про службу охорони праці". Наказ Держнаглядохоронпраці від 15.11.2004р. № 255 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://prombez.net.ua>.

ЗМІСТ

Вступ	3
<i>Практична робота № 1. Розрахунок чисельності служби охорони праці</i>	4
<i>Практична робота № 2. Розрахунок інтегральної бальної оцінки важкості праці на робочому місці</i>	12
<i>Практична робота № 3. Гігієнічні критерії оцінки умов праці при дії хімічних факторів</i>	43
<i>Практична робота № 4. Розрахунок захисного заземлення</i>	53
<i>Практична робота № 5. Розрахунок штучного виробничого освітлення</i>	69
<i>Практична робота № 6. Розрахунок шуму у виробничих приміщеннях</i>	104
Рекомендована література	120
