

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять та самостійної роботи

з дисципліни

**«БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
ТА ОБЛАДНАННЯ»**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
напряму підготовки 6.170202 – Охорона праці)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2017**

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Безпека технологічних процесів та обладнання» (для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.170202 – Охорона праці) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. І. Заїченко, І. О. Мікуліна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 37 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. В. І. Заїченко,  
ас. І. О. Мікуліна

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Третьяков

Рекомендовано кафедрою «Безпека життєдіяльності»,  
протокол № 4 від 27 жовтня 2012 р.

## ЗМІСТ

	<b>Стор.</b>
1 Загальні відомості .....	4
2 Порядок проведення практичних занять .....	4
3 Виконання самостійної роботи .....	4
4 Тематика практичних занять і завдання для самостійної роботи .....	5
5 Проектування земляних споруд .....	6
5.1 Загальні положення .....	6
5.2 Проектування траншей без кріплення .....	7
5.3 Проектування траншей і котлованів з укосами .....	8
5.4 Проектування котловану з укосами, розрахунок стійкості укосів з побудовою профілю рівно стійкого укосу котловану .....	10
5.5 Розробка траншей з кріпленням: вибір схем кріплення, розрахунок елементів кріплення .....	11
5.6 Розташування транспортних засобів поблизу кромки котлованів .....	17
6 Безпечна організація робіт з використання вантажопідіймальної техніки .....	17
6.1 Розрахунок стійкості баштового крана .....	17
6.2 Визначення небезпечних зон, пов'язаних з роботою вантажопідіймних машин і механізмів .....	22
6.3 Розрахунок і підбір сталевого канату для стропів .....	23
7 Визначення небезпечних зон під час роботи землерийних і вантажопідіймних машин з урахуванням можливого обвалення ґрунту ...	25
8 Визначення параметрів захисних огорожень від механічного травмування .....	27
9 Розрахунок засобів захисту, що обгороджують .....	30
10 Аналітична оцінка умов праці .....	31
Список джерел .....	37

## **1 Загальні відомості**

Робоча навчальна програма дисципліни «Безпека технологічних процесів та обладнання» для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.170202 – Охорона праці передбачає практичні й самостійні заняття згідно зі змістом і тематикою дисципліни. Практичні й самостійні заняття є складовою частиною учбового процесу студентів на рівні підготовки бакалаврів, вони сприятимуть розвитку навичок до самостійного вирішення питань охорони праці у виробничій діяльності.

Мета практичних занять й самостійної роботи – доповнення і закріплення знань, набутих при вивченні теоретичного курсу, активізація творчих здібностей студентів, розвиток навичок роботи з нормативною і технічною літературою, з довідниками, а також підготовка до проектування проекту бакалавра та самостійного вирішення питань створення безпечних та нешкідливих умов праці у виробничій діяльності.

Вивчення дисципліни «Безпека технологічних процесів та обладнання» здійснюється на завершальному етапі перед роботою над бакалаврським проектом. Характерним для роботи над бакалаврським проектом є те, що студент самостійно вирішує чисельні питання, які потрібні для повноти і якості проекту. Тому ці методичні вказівки передбачають опрацювання студентами таких питань, які вирішуються за допомогою інженерно-технічних заходів. У ході практичних занять студенти повинні навчитися обґрунтовувати, за допомогою розрахунків, вибір заходів і засобів захисту від небезпечностей у виробничих, офісних і складських приміщеннях, на будівельних об'єктах та на інших об'єктах як виробничої, так і невиробничої сфери житлово-комунального господарства.

## **2 Порядок проведення практичних занять**

На практичних заняттях студенти вирішують питання захисту працівників від небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які підтверджуються інженерно-технічними розрахунками. Це дасть їм змогу кваліфіковано вирішувати ці питання в розділі «Охорона праці» бакалаврського проекту.

Практичні заняття проводяться у навчальний час відповідно до цих методичних вказівок. Під керівництвом викладача кафедри «Безпека життєдіяльності» студенти опрацьовують методи розрахунків засобів і заходів щодо створення оптимальних умов праці як на окремих робочих місцях, так і у робочих зонах різних об'єктів.

На початку заняття викладач проводить опитування з теоретичного матеріалу, який викладався на лекціях, потім на прикладі, разом із студентами, виконує розрахунок тих чи інших показників, які впливають на умови праці.

## **3 Виконання самостійної роботи**

Самостійна робота відповідає тематики практичних занять. Після того як те чи інше практичне завдання буде опрацьоване на практичних заняттях студент виконує його самостійно згідно варіанту, який наведений відповідно змісту.

Виконання самостійної роботи передбачає перевірку знань, які студент отримує на практичних заняттях. Студенти самостійно виконують розрахунки обраних викладачем чинників, які характеризують умови праці. Завдання виконується у відповідності з номером варіанту вихідних даних у вигляді звіту. Звіт подається на перевірку на скріплених паперових аркушах формату А-4 і він повинен мати на обкладинці необхідні вихідні дані (назва міністерства, академії, кафедри, назва завдання, спеціальність, курс і група, прізвище та ініціали студента і викладача, який викладає дисципліну). Звіт є формою поточного контролю.

Без позитивно оціненого звіту студент не допускається до підсумкового контролю з дисципліни «Безпека технологічних процесів та обладнання».

#### 4 Тематика практичних занять і завдання для самостійної роботи

Тематика практичних занять складена відповідно до навчальної програми варіативної дисципліни «Безпека технологічних процесів та обладнання» підготовки бакалавра за напрямом 6.170202 – Охорона праці.

Дисципліна «Безпека технологічних процесів та обладнання» орієнтована на виробничу діяльність в галузі житлово-комунального господарства. Діяльність житлово-комунального господарства охоплює широкий спектр робіт, пов'язаних як з будівництвом нових об'єктів життєзабезпечення населення, так і з ремонтом та реконструкцією вже застарілих. Особливу увагу слід приділяти таким технологічним процесам, де травматизм найбільш поширений. Статистичні дані свідчать, що майже 80 % травматизму, з різними наслідками, пов'язані з нехтуванням правил безпеки при виробництві земляних споруд, використанніям вантажопідіймального обладнання, ручного електричного та пневматичного обладнання. Тому, практичні заняття передбачають виконання робіт з безпеки улаштування земляних споруд, стійкості вантажопідіймальних машин і механізмів та захист у надзвичайних ситуаціях.

В таблиці 4.1 приведена рекомендована тематика практичних занять і завдання для самостійної роботи.

Таблиця 4.1 – Рекомендована тематика практичних занять

№ п/п	Тематика практичних занять	Кількість годин на опрацювання
1	2	3
<b>1.</b>	<b>Проектування земляних споруд</b>	<b>12</b>
1.1.	Загальні положення	1
1.2.	Проектування траншей без кріплення	1
1.3.	Проектування траншей і котлованів з укосами	2
1.4.	Проектування котловану з укосами, розрахунок стійкості укосів з побудовою профілю рівно стійкого укосу котловану	2
1.5.	Розробка траншей з кріпленням: вибір схем кріплення, розрахунок елементів кріплення	5

1	2	3
1.6.	Розташування транспортних засобів поблизу кромки котлованів	1
<b>2.</b>	<b>Безпечна організація робіт з використання вантажопідіймальної техніки</b>	<b>6</b>
2.1.	Розрахунок стійкості баштового крана	3
2.2.	Визначення небезпечних зон, пов'язаних з роботою вантажопідійомних машин і механізмів	2
2.3.	Розрахунок і підбір сталевого канату для стропів	1
<b>3.</b>	<b>Визначення небезпечних зон під час роботи землерийних і вантажопідійомних машин з урахуванням можливого обвалення ґрунту</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Визначення параметрів захисних огорожень від механічного травмування</b>	<b>2</b>
<b>5.</b>	<b>Розрахунок засобів захисту, що обгороджують</b>	<b>2</b>
<b>6.</b>	<b>Аналітична оцінка умов праці</b>	<b>4</b>

## 5 Проектування земляних споруд

### 5.1 Загальні положення

Статистичні матеріали останніх років по виробничому травматизму у житлово-комунальному господарстві свідчать, що 10 % всіх нещасних випадків з тяжкими наслідками пов'язані з виконанням земляних робіт. З аналізу причин травматизму з'ясовується, що основними факторами технічних причин травматизму при обваленні ґрунтових мас є:

1. Розробка ґрунту без кріплень з перевищенням критичної висоти вертикальних стінок котлованів і траншей.
2. Розробка котлованів і траншей з недостатньо стійкими укосами;
3. Неправильне улаштування або недостатня стійкість конструкцій кріплення стінок котлованів і траншей.
4. Порушення правил розбирання кріплень.

Основними профілактичними заходами проти обвалення ґрунтових мас при розробці котлованів і траншей може бути:

- 1) виробництво робіт з утворенням укосів, елементи яких раніше були розраховані в технологічних картах ППР (з урахуванням властивостей ґрунту);
- 2) виробництво робіт з використанням інвентарних (або не інвентарних, статично розрахованих) кріплень для вертикальних стінок ґрунту;
- 3) виробництво земляних робіт з використанням засобів механізації та гідромеханізації з виконанням вимог ДБН А.3.2-2-2009 ССБП «Промислова безпека у будівництві. Основні положення» (на заміну СНиП III-4-80\*) щодо нависаючих козирків у місцях зі значною глибиною забою.

Головними причинами порушення стійкості земляних мас є ерозійні процеси, а також порушення рівноваги ґрунту, які називають зсувами. На практиці котловани

і траншеї іноді обрушуються при недостатньо стійких укосах не доведених до норм або при влаштуванні кріплення вертикальних стінок ґрунту без розрахунків, що може призвести до зсувів і нещасних випадків.

В таблиці 5.1 приведені вихідні дані для проектування земляних споруд за варіантами, які співпадають з номером у списку групи.

Таблиця 5.1 – Варіанти вихідних даних для проектування земляних споруд

№ вар.	Ґрунт	$\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	$C$ , т/м <sup>2</sup>	$\varphi$ , град	$H_{зад}$ , м	$t$	$h$ , м	$H_{пр}$ , м	$q$ , т/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Суглинок	1,5	1,2	15	4,5	1,4	6	2,5	0,5
2	«»	1,6	1,3	17	4,6	1,5	7	3	0,6
3	«»	1,7	1,4	19	4,7	1,6	8	3,5	0,7
4	«»	1,8	1,5	21	4,8	1,7	9	3	0,8
5	«»	1,8	1,6	23	4,9	1,8	10	2,5	0,9
6	Глина	1,7	2	10	5	1,9	10	3	1
7	«»	1,8	1,9	12	5,1	2	9	3,5	1,1
8	«»	1,9	1,8	14	5,2	2,1	8	4	1,2
9	«»	2	1,7	16	5,3	2	7	3,5	1,1
10	«»	2	1,6	18	5,4	1,9	6	3	1
11	Суглинок	1,5	1,6	23	4,9	1,4	10	2,5	0,5
12	«»	1,6	1,5	21	4,8	1,5	9	3	0,6
13	«»	1,7	1,4	19	4,7	1,6	8	3,5	0,7
14	«»	1,8	1,3	17	4,6	1,7	7	3	0,8
15	«»	1,8	1,2	15	4,5	1,8	6	2,5	0,9
16	Глина	1,7	1,6	18	5,4	1,9	6	3	1
17	«»	1,8	1,7	16	5,3	2	7	3,5	1,1
18	«»	1,9	1,8	14	5,2	2,1	8	4	1,2
19	«»	2	1,9	12	5,1	2	9	3,5	1,1
20	«»	2	2	10	5	1,9	10	3	1
21	Суглинок	1,5	1,3	19	4,8	1,4	7	3,5	0,8
22	«»	1,6	1,4	21	4,9	1,5	8	3	0,9
23	«»	1,5	1,5	19	4,6	1,4	9	3,5	0,8
24	«»	1,8	1,3	19	4,7	1,8	7	3	0,6
25	«»	1,7	1,5	23	4,6	1,7	10	2,5	0,7

## 5.2 Проектування траншеї без кріплення

Крутизну схилів виїмок в однорідних ґрунтах порушеної і непорушеної структури приймають глибиною не більше 5 м за ДБН А.3.2-2-2009 ССБП «Промислова безпека у будівництві. Основні положення» (на заміну СНиП III-

4-80\*) залежно від характеристики ґрунту. Крутизну схилів виїмок глибиною більше 5м у всіх випадках приймають відповідно до проекту та розрахунків.

Розробка траншей з вертикальними укосами без кріплення у нескельних і незамерзаючих ґрунтах вище рівня вод і при відсутності підземних споруд допускається на глибину не більше за нормативну [9, 12]. У всіх інших випадках глибину вертикальних виїмок без механічних кріплень визначають розрахунком.

Критичну глибину вертикальної стінки можна встановити за формулою проф. В. В. Соколовського:

$$H_{кр} = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \varphi}{\gamma(1 - \sin \varphi)},$$

де  $H_{кр}$  – критична глибина вертикальної стінки, м;

$c$  – сила зчеплення ґрунту, т/м<sup>2</sup>;

$\gamma$  – об'ємна вага ґрунту, т/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – кут внутрішнього тертя, град.

Показники  $c$ ,  $\gamma$ ,  $\varphi$  визначають при дослідженні ґрунтів або за додатковими посібниками [4, 5, 7, 8, 9, 12].

На практиці встановлюють граничну глибину  $H_{сп}$  котловану чи траншеї з вертикальними стінками. У цих випадках вводиться коефіцієнт більше одиниці, як правило, 1,25, тоді:

$$H_{сп} = \frac{H_{кр}}{1,25}.$$

### 5.3 Проектування траншей і котлованів з укосами

Котловани і траншеї проектують як з укосами без кріплень, так і з вертикальними стінками з кріпленням. Припустима крутизна укосів котлованів (траншей) для глибини від 1,5 м і більше встановлюються розрахунками в технологічній карті проекту виконання земляних робіт.

Основними елементами відкритої розробки ґрунту в котлованах є:

- висота уступу і ширина берми;
- форма уступу (плоска, ломана, криволінійна, ступінчаста);
- кут укосу (крутизна).

Від правильного вибору елементів уступу залежить ефективність і безпека розробки котлованів. Відповідно до умов безпеки ґрунти розподіляються на три основні категорії:

- незв'язані (піски, супіски та ін.);
- зв'язані (суглинки, глинисті);
- лесові.

Відкоси земляних споруд у незв'язаних ґрунтах будують з кутами природного укосу. Стійкість укосів лесових ґрунтів залежить від їх вологості. Залежність між станом граничної рівноваги ґрунту укосу та елементами уступу для ґрунтів другої категорії виходить з теорії стійкості гірських порід (рис. 5.1).



Розглянемо уступ:

$H$  – висота уступу;

$\Theta$  – кут гранично дійсного укосу;

$\alpha$  – кут між поверхнею обвалу і горизонтом (ABC – призма обвалу);

$\varphi$  – кут природного укосу (характеристика ґрунту).

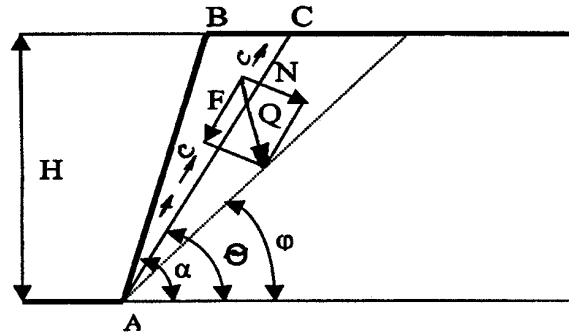


Рисунок 5.1 – Схема граничної рівноваги ґрунту укосу

У момент граничної рівноваги, коли призма ABC ще не обвалилась, але може обвалитися, складова вага призми в площині AC дорівнює:  $F = Q \cdot \sin \Theta$ .

Ця сила урівноважується силою зчеплення  $C$  (AC) і силою тертя:

$$N \cdot \operatorname{tg} \varphi = Q \cdot \cos \Theta \cdot \operatorname{tg} \varphi ,$$

Звідки  $Q \cdot \sin \Theta = c(AC) + Q \cdot \cos \Theta \cdot \operatorname{tg} \varphi$ .

Тоді сила зчеплення дорівнюватиме

$$C = \frac{Q \cdot \sin \Theta - Q \cdot \cos \Theta \cdot \operatorname{tg} \varphi}{AC} = \frac{Q \cdot \sin(\Theta - \varphi)}{(AC) \cdot \cos \varphi} .$$

Вага призми ABC при її довжині в 1 м:

$$Q = \frac{\gamma \cdot (AB) \cdot (AC) \cdot \sin(\alpha - \Theta)}{2} ,$$

де  $\gamma$  – об'ємна вага ґрунту, т/м<sup>3</sup>.

Позначаємо через  $K = C / \gamma$  коефіцієнт зчеплення,  $AB = H / \sin \alpha$ , тоді

$$K = \frac{H \cdot \sin(\alpha - \Theta) \cdot \sin(\Theta - \varphi)}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} .$$

У реальних умовах вводять поправки шляхом заміни  $K$  на  $K_{max}$ . Тоді для граничних умов висота уступу дорівнюватиме

$$H = \frac{2 \cdot K_{max} \cdot \sin \alpha \cos \varphi}{\sin(\alpha - \Theta) \cdot \sin(\Theta - \varphi)} = \frac{2 \cdot K_{max} \cdot \sin \alpha \cos \varphi}{\sin^2 \left( \frac{\alpha - \varphi}{2} \right)} ,$$

Крім цього для профілактики травматизму в цих формулах змінюють  $K_{max}$  на

$$K' = \frac{K_{max}}{m} = \frac{c}{m \cdot \gamma}, \varphi \text{ на } \varphi' = \arctg \left( \frac{t}{m} \right),$$

де  $m$  – коефіцієнт стійкості;

$t$  – коефіцієнт тертя, чисельно рівний  $tg \varphi$ .

Запишемо останню формулу для знаходження глибини екофу при  $\alpha_{max}$ , тобто максимального значення кута між поверхнею обвалу і горизонтом:

$$H_{\alpha_{max}} = \frac{4 \cdot c \cdot \cos \varphi' \cdot \sin \alpha}{\gamma \cdot m \cdot [1 - \cos(\alpha - \varphi')]}.$$

Цю формулу використовуємо для знаходження кута рівноваги при заданій глибині котловану чи траншеї. Вимоги для рівноваги екофу:

$$H_{зад} \leq H_{\alpha_{max}}.$$

Для зручності підрахунок проводимо за програмою згідно з таблицею 5.2. Кут рівноваги укосу знаходимо методом підбору, поступово збільшуючи його значення.

Таблиця 5.2 – Розрахунок максимального кута рівно стійкого укосу

$\alpha$	$\sin \alpha$	$\cos(\alpha - \varphi')$	$\cos \varphi'$	$1 - \cos(\alpha - \varphi')$	$4 \cdot C \cdot \cos \varphi'$	$\frac{\sin \alpha}{1 - \cos(\alpha - \varphi')}$	$\gamma \cdot m$	$\frac{4 \cdot C \cdot \cos \varphi'}{\gamma \cdot m}$	$H_{\alpha}$	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\alpha_1$										
$\alpha_2$										
$\alpha_3$										
$\alpha_i$										

#### 5.4 Проектування котловану з укосами, розрахунок стійкості укосів з побудовою профілю рівно стійкого укосу котловану

Для написання цього розділу курсового проекту використовують методику проф. Н. Н. Маслова. Ця методика у всіх випадках передбачає проектування змінного профілю ухилу рівно стійкого укосу, який зменшується з глибиною виїмки. Це дозволяє врахувати такі фактори:

- зміну характеристик ґрунту в його окремих шарах;
- присутність додаткового навантаження берми укосу навантаженням.

При розрахунках ухил профілю укосу встановлюють для його окремих шарів висотою 1-2 м, які повинні бути прив'язані до попереднього напластування шарів у даному ґрунті (рис. 5.2). Розрахункові формули рівно стійкості укосу зі змінним ухилом профілю мають наступний вигляд:

а) для загального випадку навантаженої берми ( $P_o > 0$ ):

$$x_i = \frac{1}{\gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi} \cdot \left( A + C \cdot \ln \frac{B}{A+B} \right),$$

де  $A = \gamma \cdot Z_i \cdot \operatorname{tg} \varphi$ ;  $B = P_o \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$ ;

б) для окремого випадку навантаженої берми ( $P_o = 0$ ):

$$x_i = \frac{1}{\gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi} \cdot \left( A + C \cdot \ln \frac{C}{A+C} \right),$$

при  $P_o = 0, B \Rightarrow C$ .

У цих формулах  $\gamma$  – маса ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $C$  – питоме зчеплення, кПа;  $\varphi$  – кут внутрішнього тертя.

Для зручності розрахунків проводимо за програмою з таблиці 5.3.

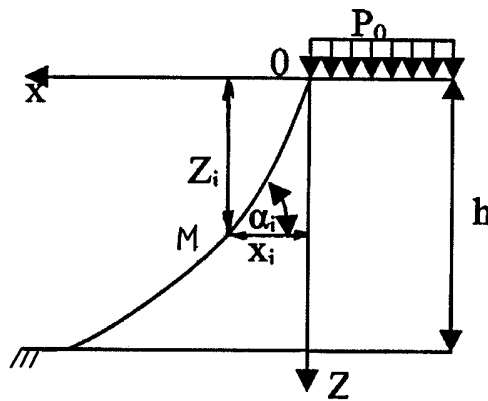


Рисунок 5.2 – Схема побудови профілю рівно стійкого укосу зі змінним ухилом

Таблиця 5.3 – Розрахунок профілю рівно стійкого укосу за методикою проф. Н. Н. Маслова

№ ша-ру	$Z_i$ , м	$\gamma \cdot Z_i$ , т/м <sup>2</sup>	$\operatorname{tg} \varphi$	$\gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi$ , т/м <sup>2</sup>	$1/\gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi$ , м <sup>3</sup> /т	$A$ , кПа	$(A + C)$ , кПа	$\left(\frac{C}{A+C}\right) \ln \left(\frac{C}{A+C}\right)$	$A + C \cdot \ln \frac{C}{A+C}$ , кПа	$x_i$ , м	$\alpha_i$ , град	Примітки	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1												
2	2												
3	3												
4	4												
5	6												

### 5.5 Розробка траншей з кріпленням: вибір схем кріплення, розрахунок елементів кріплення

Для траншей глибиною більше 3 м, що проектуються вертикальними стінками, повинен бути проект кріплення стінок з розрахунками його елементів. За конструктивним рішенням кріплення /підпірні стінки/ може бути розпірним,

анкерним, підкісним або шпунтовим [2, 4, 7, 8, 9]. Вибір схеми кріплення студент обґрунтовує і вибирає самостійно.

Кріплення розраховують на активний тиск або тиск ґрунту. Активний тиск зв'язаного ґрунту на 1 м стінки глибиною  $H_{mp}$  визначають за формулою

$$Q = \frac{1}{2} \cdot H_{mp}^2 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot c \cdot H_{mp} \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - \frac{c}{\gamma}, \text{ т/м},$$

де  $H_{mp}$  – глибина виїмки, м;  
 $\gamma$  – маса ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  
 $\varphi$  – кут природного укосу;  
 $c$  – сила зчеплення, т/м<sup>2</sup>.

Ця формула визначає абсцису епюри тиску ґрунту на глибині  $H$ . У піщаних ґрунтах сили зчеплення незначні і їх можна не брати до уваги.

Коли на поверхні ґрунту поблизу огорожі прикладене суцільне рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю  $q$ , т/м<sup>2</sup>, то її умовно змінюють шаром ґрунту висотою  $h_n = q/\gamma$ . Повний тиск на 1 м ширини підпірної стінки глибиною  $H$  дорівнює в [т/м]:

$$Q' = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (H_{mp} + h_n)^2 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot c \cdot (H_{mp} + h_n) \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - \frac{c}{\gamma}.$$

Максимальне значення бокового тиску на глибині  $H_{mp}$ :

$$\sigma'_n = \gamma \cdot (H_{mp} + h_n) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right), \text{ т/м}^2,$$

на поверхні ґрунту:

$$\sigma_n = \gamma \cdot h_n \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right), \text{ т/м}^2.$$

Визначивши тиск ґрунту на стінки кріплення, а за формулами з курсу опору матеріалів – максимальний згинальний момент і момент опору, можна підібрати переріз кріпильних елементів [9, 13].

Розрахунок палі [9, 13]:

Стінна паля має вільний верхній кінець, а внизу підпор.

1. Визначаємо тиск ґрунту на 1 м ширини стінки  $Q$ .
2. Знаходимо тиск ґрунту на всю палю:  $P = Q \cdot b$  ( $b$  – відстань між палями).
3. Максимальний момент, що згинає палю, забиту нижнім кінцем, визначаємо за формулою

$$M_{max} = \frac{P \cdot \lambda}{3} = \frac{P \cdot H_{mp}}{3}, \text{ т. м},$$

де  $\lambda = H_{mp}$  – довжина палі.

4. Знаходимо момент опору:  $W = M_{max}/R_u$ .

Для виготовлення нетипових дерев'яних кріплень

$$R_u = R_u^H \cdot K_{np},$$

де  $R_u^H$  – нормативний опір сосни чи ялини, кг/см<sup>2</sup> (використовується, як правило, сосна чи ялина). Згідно з [9, 13] з урахуванням умов праці приймаємо розрахунковий опір,  $R_u$  сосни (ялини) на згин 136 кг/см<sup>2</sup>;  
 $K_{np}$  – коефіцієнт, що враховує умови праці.

5. Приймаємо палю круглого перерізу. Для такої палі момент опору дорівнює  $W = (\pi \cdot d^3)/32$ , звідки діаметр палі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W}{\pi}}.$$

Якщо визначений розрахунком діаметр палі не задовольняє з якихось причин, то можна змінити відстань між палями і провести повторний розрахунок.

6. Якщо паля у верхній і нижній точках має опори, тобто горизонтальні розпірки, її розраховують на згин як балку, що лежить на двох опорах з навантаженням, розподіленим за трикутником [9, 13].

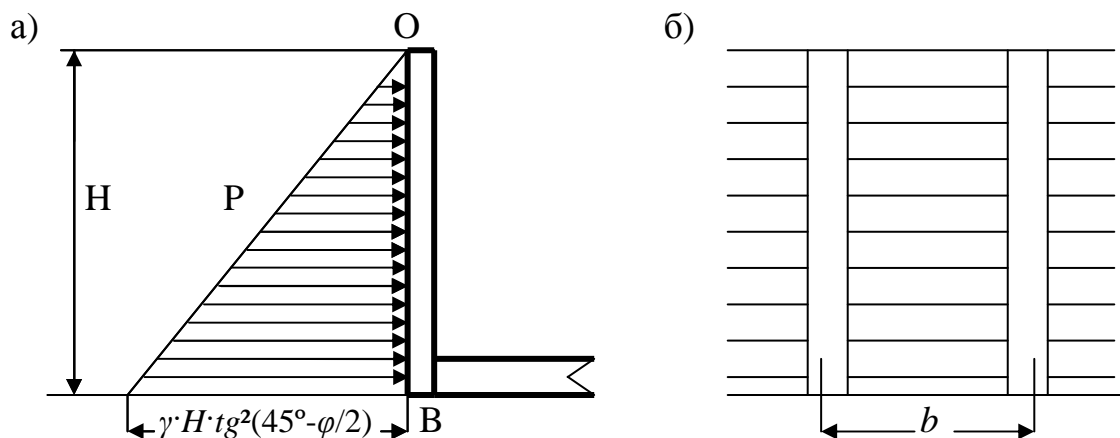


Рисунок 5.3 – До розрахунку палі з вільним кінцем та обшивкою бокових стінок

Якщо визначений розрахунком діаметр палі не задовольняє з якихось причин, то можна змінити відстань між палями і провести повторний розрахунок.

6. Якщо паля у верхній і нижній точках має опори, тобто горизонтальні розпірки, її розраховують на згин як балку, що лежить на двох опорах з навантаженням, розподіленим за трикутником [9].

Розрахунок розпірок між палями [9, 13]

На розпірку буде передаватись опорна реакція від тиску ґрунту і стискувати її. Стиснуті розпірки розраховують згідно з [1, 4, 8, 12] на міцність за формулою  $N/F_{нетто} R_c$  і на стійкість  $N/f \cdot F_{розр} \leq R_c$ ,

де  $R_c$  – розрахунковий опір деревини на стиск уздовж волокон, кг/см<sup>2</sup>;

$f$  – коефіцієнт поздовжнього згину [9, 13];

$F_{\text{нетто}}$  – робоча площа поперечного перерізу елемента, см<sup>2</sup>;

$N$  – навантаження на розпірку, кг.

На розпірку передаються опорні реакції від тиску ґрунту, величину котрих визначаємо за формулами для балки, вільно опертої на кінцях, при навантаженні, розподіленому за трикутником:

- для верхньої розпірки  $N_b = Q \cdot 1/3$ ;

- для нижньої розпірки  $N_n = Q \cdot 2/3$ .

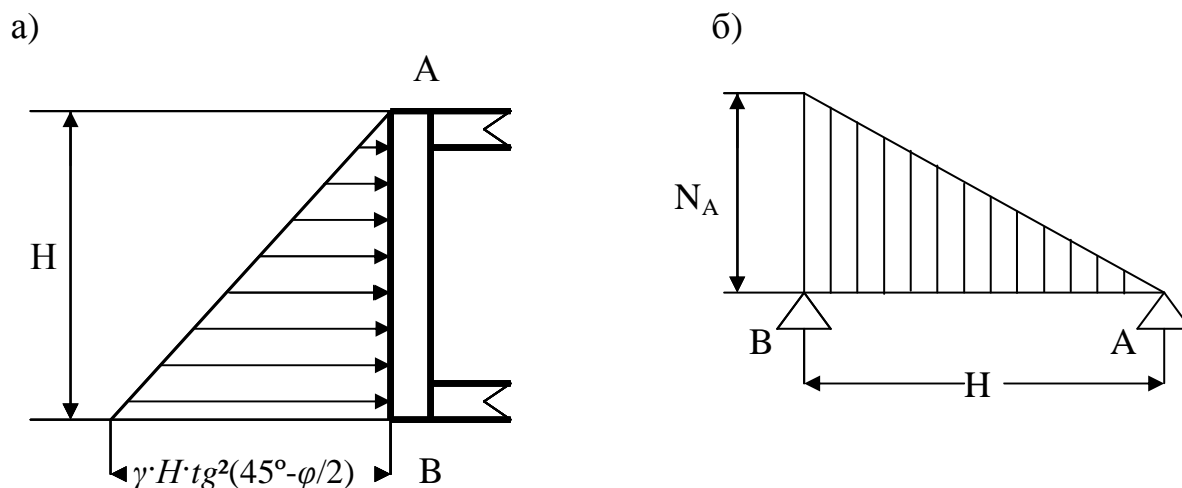


Рисунок 5.4 – До розрахунку розпірки палі, яка має опору на верхню та нижню горизонтальні розпірки

Далі визначаємо згідно з [1, 4, 13] розрахунковий опір деревини тиску з урахуванням коефіцієнта умов праці:  $K_{np} = 0,85$ . Знаходимо переріз розпірок зверху  $F_{\text{нетто}} = N_b/R_c$  і знизу  $F_{\text{нетто}} = N_n/R_c$ . Якщо приймати круглий переріз розпірок, то їх діаметр дорівнюватиме  $d = \sqrt{4 \cdot F/\pi}$ .

Наступний етап – розрахунок на стійкість. Визначають гнучкість елемента за формулою

$$\lambda = l_o/r,$$

де  $l_o$  – розрахункова довжина елемента;

$r$  – радіус інерції перерізу елемента,

$$r = \sqrt{I_{\text{бр}} / F_{\text{бр}}};$$

де  $I_{\text{бр}}$ ,  $F_{\text{бр}}$  – момент інерції і площа поперечного перерізу брутто елемента.

Для круглого перерізу  $I_{\text{бр}} = \pi \cdot d^4/64$ . Для розпиловальних матеріалів без дефектів приймаємо  $F_{\text{нетто}} = F_{\text{бр}}$ .

Згідно з [4, 8] при гнучкості елемента  $\lambda \leq 75$  рекомендується проводити розрахунок для визначення коефіцієнта поздовжнього згину за формулою  $f = 1 - 0,8(\lambda/100)^2$ , а при гнучкості елемента  $\lambda > 75$  – за формулою  $f = 3100/\lambda^2$ .

Якщо розрахунок виявив нестійкість розпірних елементів, тоді збільшують діаметр розпірок і знову перевіряють їх на стійкість.

### Розрахунок обшивки бокових стінок

Розрахунок проводимо при допущенні, що тиск ґрунту на стінку розподіляється за трикутником. Приймаємо, що нижня дошка навантажена за законом прямокутника з підвалиною  $\sigma_{max} = \gamma \cdot n(H_{mp} + h_n)$  і висотою, рівною висоті пластини  $d$ , де  $n = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ .

Тиск на пластину дорівнюватиме:  $P = \sigma_{max} \cdot d = \gamma \cdot (H_{mp} + h_n) \cdot n \cdot d$ , т/м. У цих формулах  $H_{mp}$  – глибина траншеї,  $h_n$  – висота ґрунту, вийнятого з траншеї і рівномірно розташованого на бермі,  $d$  – висота пластини (дошки).

Розглядаємо пластину як балку, що лежить на двох опорах з рівномірно розподіленим навантаженням. Визначаємо максимальний момент, що згинає дошку:  $M_{max} = P \cdot b^2/8$ . Знаходимо момент опору  $W = M_{max}/R_u$ , де  $R_u$  – розрахунковий опір деревини (сосни чи ялини) на згин [8, 12] з урахуванням коефіцієнта умов праці.

Визначити товщину дошки  $t$  можна, використавши таке порівняння:  $W = t \cdot d^2/6$ .

### Основні положення щодо розрахунку анкерного кріплення

Основними елементами анкерного кріплення є: анкер, стяжка, паля, дошки чи брусся огорожі (рис. 5.5). Розрахунок цих елементів проводять аналогічно розрахункам, виконаним раніше. Палю також розглядають як балку, що лежить на двох опорах, стяжку розраховують на розтяг, навантаженою поздовжньою силою на рівні берми активним тиском ґрунту на огорожу траншеї.

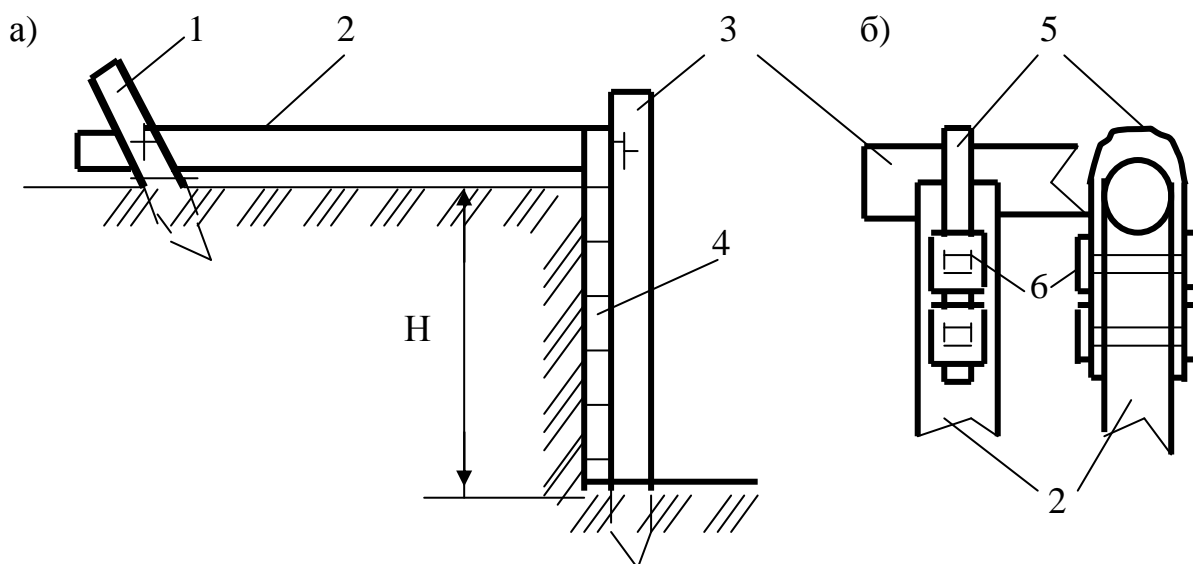


Рисунок 5.5 – Улаштування анкерного кріплення котлованів і траншей:

- а) – конструкція анкерного кріплення;
- б) – деталі кріплення стягування до палі;
- 1 – анкер (пальовий якір); 2 – стяжка; 3 – стійка (паля);
- 4 – дошки або брусся огорожування;
- 5 – сталевий хомут; 6 – болти

Анкерне кріплення відрізняється від інших тим, що стінні палі з'єднують з стяжкою сталевими хомутами розміром  $5 \times 60$  мм і закріплюють двома болтами

діаметром 20 мм. Найбільш слабе місце розтяжки – місце стягнення дерева болтами.

1. Умови безпечної роботи стяжки при тому, що зім'яло її болтами, визначаються вимогами  $R_{см}^H \geq R_{см}$ :

а) знаходимо розтяжне зусилля, яке діє на анкерну стяжку:

$$R_A = H \cdot P/3 \cdot l,$$

де  $H$  – висота стінки;

$l$  – довжина палі;

$P = Q \cdot b$  – повне навантаження на палю.

б) знаходимо площу зім'ятого дерева болтами

$$F_{см} = 2 \cdot d \cdot d_{см},$$

де  $d$  – діаметр болтів;

$d_{см}$  – діаметр круглої дерев'яної стяжки.

в) визначаємо напругу в дерев'яній стяжці при зминанні торця

$$R_{см} = R_A/F_{см}.$$

г) нормативне значення розрахункового опору деревини на зминання рівняється 130 кг/см<sup>2</sup>, з урахуванням коефіцієнта умов роботи (0,85) – 110 кг/см<sup>2</sup>.

Далі перевіряємо вимоги умов роботи стяжки на зминання.

2. Перевіряємо умови безпечної роботи палі на зминання під хомутом:

а) знаходимо площу зминання палі сталевим хомутом

$$F_{см. х.} = d_c \cdot b_x,$$

де  $d_c$  – діаметр палі;

$b_x$  – ширина хомута.

б) визначаємо напругу в дерев'яній палі при зминанні її хомутом

$$R_{см. х.} = R_A/F_{см. х.}$$

в) нормативне значення опору деревини на зминання під шайбами дорівнює 40 кг/см<sup>2</sup>, з урахуванням коефіцієнту умов праці – 34 кг/см<sup>2</sup>. Далі перевіряємо вимоги умов роботи палі при зминанні хомутами.

3. Перевіряємо роботу хомута на розтягування  $R_{рас}^H \geq R_{рас}$ :

а) площа хомута, працюючого на розтягування під дією сили  $R_{рас}$ :

$$F_{нетто}^x = 2 \cdot t \cdot (a - d_б),$$

де 2 – дві полоси хомута;

$t$  – товщина хомута;

$a$  – ширина хомута;

$d_б$  – діаметр болта.

б) знаходимо напругу на розтягування в хомуті  $R_{рас} = R_A/F_{нетто}^x$ .

в) нормативний опір розтягуванню сталі марки Ст. 3 приймаємо 2300 кг/см<sup>2</sup>, вводимо коефіцієнт умов роботи 0,85.



## 5.6 Розташування транспортних засобів поблизу кромки котлованів

Виконання земляних робіт на будівельних об'єктах пов'язано з використанням машин і транспортних засобів та вирішенням правильного розташування транспортних шляхів поблизу бровок за межами призми обвалення. Наприклад, для укладання підкранового шляху треба знати відстань від головки підкранової рейки до бровки укосу (рис. 5.6).

Ця відстань складається з відстані від головки рейки до межі призми обвалення  $a$ , що приймається рівною 1 м, і ширини призми обвалення  $b$ , що визначається за формулою

$$b = \frac{H \cdot \sin(\alpha - \varphi)}{\sin \alpha \cdot \sin \varphi}, \text{ м,}$$

де  $\alpha$  – дійсний кут укосу;

$\varphi$  – кут природного укосу ґрунту.

Для автомобільних доріг величина  $a$  береться не менше половини ширини проїзної частини дороги +0,5 м. У цьому разі забезпечується безпека руху транспорту уздовж виїмок.

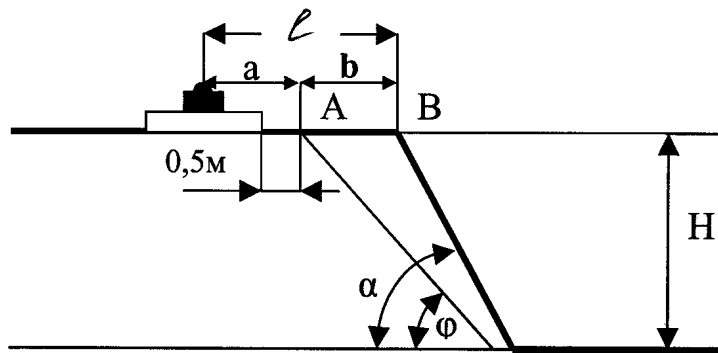


Рисунок 5.6 – До розрахунку відстані від бровки укосу до підкранової рейки

## 6 Безпечна організація робіт з використання вантажопідіймальної техніки

### 6.1 Розрахунок стійкості баштового крана

Для безпечної організації монтажних робіт виконують розрахунок стійкості баштового крана. Потрібно:

1. Перевірити вантажну стійкість баштового крана з урахуванням додаткових навантажень і ухилу шляху при підйомі вантажу вагою  $Q$ , кН (без переміщення крана).

2. Визначити величину небезпечних зон при роботі баштового крана при побудові споруди висотою  $H_{\text{буд}}$ , м.

Вихідні дані: вага крана  $G$ , кН; виліт стріли крана  $L_{\text{в стр}}$ , м; довжина колії  $L_{\text{кол}}$ , м; ширина колії  $S_{\text{кол}}$ , м; відстань від осі обертання стріли до центра ваги крана  $s$ , м; швидкість підйому вантажу  $v = 0,5$  м/с; час хитливого режиму роботи крана при пуску й гальмуванні  $t$ , с; вітрове навантаження на кран  $W$ , Па; вітрове

навантаження на вантаж  $W_1$ , Па; відстань від головки рейки до центра додатка вітрового навантаження на кран  $\rho$ , м; частота обертання крана навколо вертикальної осі  $n$ , хв.<sup>-1</sup>; відстань від головки рейки до оголовка стріли крана  $h$ , м; відстань від головки рейки до центра ваги підвішеного вантажу  $H$ , м; кут нахилу шляху крана  $\alpha$ , °; відстань від осі обертання крана до ребра перекидання  $b$ , м; відстань від осі обертання крана до центра ваги вантажу, що піднімається,  $a$ , м; відстань від центра додатку вітрового навантаження – на вантаж до головки рейки  $\rho_1$ , м; відстань від центра ваги крана до головки рейки  $h_1$ , м. Розрахункова схема приведена на рисунку 6.1.

Вихідні дані за варіантами наведені в таблицях 6.1а і 6.1б.

Таблиця 6.1а – Вихідні дані за варіантами

Передостання цифра номеру залікової книжки  Варіативний параметр:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q$ , кН	80	100	40	52	100	60	48	40	80	120
$n$ , об/хв. <sup>-1</sup>	0,2	0,44	0,6	0,2	0,44	0,6	0,44	0,6	0,44	0,6
$G$ , кН	250	300	200	180	200	220	270	350	370	265
$c$ , м	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$h_1$ , м	15	15	10	15	10	12	15	15	10	12
$v$ , м/с	0,5	1,2	1,3	2,0	0,5	1,2	1,3	2,0	1,5	1,6
$t$ , с	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$h$ , м	20	25	30	35	20	25	30	35	20	20
$H$ , м	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25
$\alpha$ , град	0	1	1	2	2	0	1	3	2	2
$b$ , м	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$a$ , м	23	24	25	26	23	24	25	26	23	22
$W$ , Па	150	200	100	160	160	150	200	100	160	160
$\rho$ , м	15	15	10	15	10	12	15	15	10	12
$W_1$ , Па	50	50	30	50	40	50	50	30	50	40
$\rho_1$ , м	22	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Прискорення вільного падіння прийняти стандартним щодо нормальних умов:  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Таблиця 6.1б – Вихідні дані за варіантами

Остання цифра номеру залікової книжки Варіативний параметр:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H_{б\text{уд}}$ , м	15	18	20	24	36	45	40	38	19	21
$L_{в\text{ стр}}$ , м	30	45	24	30	45	30	24	30	30	30
$L_{кол}$ , м	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	50	62,5	37,5
$S_{кол}$ , м	6,0	7,5	6,0	7,5	6,0	6,0	7,5	6,0	7,5	6,0

Вказівки до розв'язання завдання:

1. Умови вантажної стійкості крана можна сформулювати таким чином: зазначений і розрахований згідно із завданням коефіцієнт вантажної стійкості баштових кранів  $M_n$  повинний перевищувати чи дорівнювати 1,15.

Вантажна стійкість баштового крана повинна відповідати умові:

$$K_1 M_2 \leq M_n,$$

де  $K_1$  – коефіцієнт вантажної стійкості, прийнятий для горизонтального шляху без урахування додаткових навантажень дорівнює 1,4, а при наявності додаткових навантажень (вітер, інерційні сили) і впливу найбільшого ухилу шляху, що допускається, – 1,15;

$M_2$  – момент, створюваний робочим вантажем щодо ребра перекидання, т · м;

$M_n$  – момент всіх інших (основних і додаткових) навантажень, що діють на кран щодо того ж ребра з урахуванням найбільшого ухилу шляху, що допускається, т · м.

Величину вантажного моменту  $M_2$  визначають за формулою:

$$M_2 = Q(a - b),$$

де  $Q$  – вага найбільшого робочого вантажу, Н;

$a$  – відстань від осі обертання крана до центра ваги найбільшого робочого вантажу, підвішеного до гака, при установці крана на горизонтальній площині в м;

$b$  – відстань від осі обертання крана до ребра перекидання, м.

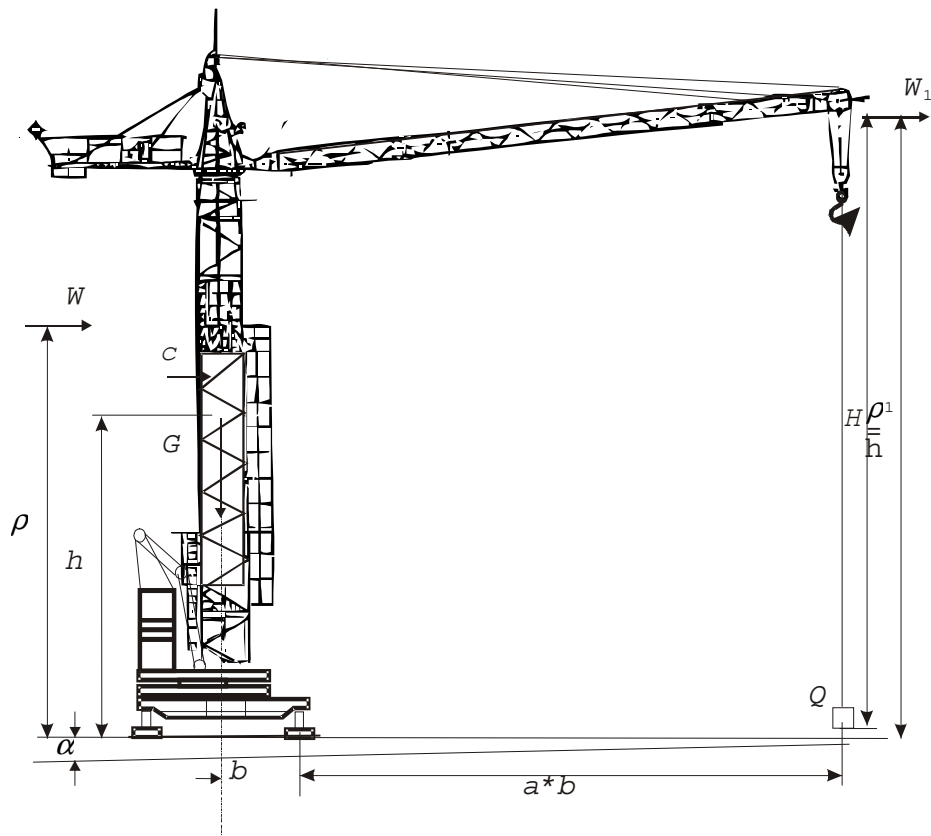


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема стійкості баштових кранів з вантажем

Величину утримуючого моменту  $M_n$ , що виникає в крані від дії основних і додаткових навантажень, знаходять з виразу:

$$M_n = M'_g - M_y M_{у.с.} - M_u - M_b,$$

де  $M'_g$  – відновний момент від дії власної ваги крана:

$$M'_g = G(b + c) \cos \alpha,$$

$G$  – вага крана, Н;

$c$  – відстань від осі обертання крана до його центра ваги, м;

$\alpha$  – кут нахилу шляху крана, град (для пересувних стрілових кранів, а також кранів-екскаваторів  $\alpha = 3^\circ$  при роботі без виносних опор і  $\alpha = 1,5^\circ$  при роботі з виносними опорами; для баштових кранів  $\alpha = 2^\circ$  при роботі на тимчасових шляхах і  $\alpha = 0^\circ$  при роботі на постійних шляхах);

$M_y$  – момент, що виникає від дії власної ваги крана при ухилі шляху:

$$M_y = Gh_1 \sin \alpha,$$

$h_1$  – відстань від центра ваги крана до площини, що проходить через точки опорного контуру, м;

$M_{у.с.}$  – момент від дії відцентрових сил:

$$M_{у.с.} = \frac{Qn^2 ah}{900 - n^2 H},$$

$n$  – частота обертання крана навколо вертикальної осі, хв.<sup>-1</sup>;

$h$  – відстань від оголовка стріли до площини, що проходить через місця опорного контуру, м;

$H$  – відстань від оголовка стріли до центра ваги підвішеного вантажу (при перевірці на стійкість вантаж піднімають над землею на 0,2-0,3 м);

$M_u$  – момент від сили інерції при гальмуванні вантажу, що опускається:

$$M_u = \frac{Qv}{gt} (a - b),$$

$v$  – швидкість підйому вантажу, м/с (при наявності вільного опускання вантажу розрахункову величину швидкості приймають рівною 1,5 м/с);

$g$  – прискорення сили ваги, рівне 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$t$  – час несталого режиму роботи механізму підйому (час гальмування вантажу), с;

$M_e$  – вітровий момент:

$$M_e = M_{e.k.} + M_{e.z.} = Wc + W_1c_1,$$

$M_{e.k.}$  – момент від дії вітру на кран;

$M_{e.z.}$  – момент від дії вітру на підвішений вантаж;

$W$  – сила тиску вітру, що діє паралельно площини, на яку встановлений кран, на навітряну площу крана, Па;

$W_1$  – сила тиску вітру, що діє паралельно площини, на якій встановлений кран, на навітряну площу вантажу, Па;

$c = h_1$  і  $c_1 = h$  відстань від площини, що проходить через місця опорного контуру, до центра додатка вітрового навантаження, м.

Величину коефіцієнта вантажної стійкості крана, не призначеного для переміщення з вантажем, визначають за формулою:

$$K_1 = \frac{M_n}{M_z} \geq \frac{G[(b+c)\cos\alpha - h_1\sin\alpha] - \frac{Qn^2ah}{900 - n^2H} - \frac{Qv}{gt}(a-b) - W\rho - W_1\rho_1}{Q(a-b)} \dots \geq 1,15.$$

*Примітки: тиск вітру на кран  $W$  визначають за формулою:*

$$W = k \cdot q \cdot F,$$

де  $k$  – коефіцієнт аеродинамічного опору (для суцільних балок формою прямокутного перерізу  $k = 1,49$ , для прямокутних кабін машиністів, противаг, відтяжок кранів і т.п.  $k = 1,2$ ; для конструкцій з труб діаметром 170 мм  $k = 0,7$ , а з труб діаметром 140-170 мм  $k = 0,5$ );

$q$  – розрахунковий напір вітру, Па;

$F$  – навітряна поверхня крана і вантажу, м<sup>2</sup>.

При проведенні розрахунку кранів на вантажну стійкість тиск вітру для більшості районів країни приймають: для самохідних стрілових кранів – 250 Па, для високих баштових монтажних кранів – 150 Па.

Для кранів висотою (чи встановлених на висоті) над поверхнею землі від 20 до 100 м розрахунковий напір визначають інтерполяцією, причому загальну

висоту крана розбивають на зони по 20 м, розрахунковий напір у межах кожної зони приймають постійним і визначають за висотою середнього місця зони.

Навітряна поверхня крана визначається площею, обмеженою контуром крана, і ступенем заповнення цієї площі елементами ґрат:

$$F = a \cdot F_0,$$

де  $F_0$  – площа, обмежена контуром крана, м<sup>2</sup>;

$a$  – коефіцієнт заповнення; для суцільних конструкцій  $a = 1$ , для ґратчастих конструкцій  $a = 0,3-0,4$ .

Навітряну площу вантажу визначають за дійсною площею найбільших вантажів, що піднімаються краном.

### **6.2 Визначення небезпечних зон, пов'язаних з роботою вантажопідйомних машин і механізмів**

Межі небезпечних зон, де можлива поява постійно діючих (при переміщенні вантажів вантажопідйомними кранами), потенційно чи діючих (при веденні робіт у монтажній зоні) небезпечних виробничих факторів, пов'язаних з падінням предметів з висини, визначають відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 ССБП Промислова безпека у будівництві. Основні положення (на заміну СНиП III-4-80\*). Так, межа небезпечної зони при висоті можливого падіння предметів до 20 м встановлює 7 м, від 20 до 70 м – 10 м.

При будівельних роботах чи при реконструкції споруд слід вказувати небезпечні зони, тобто ділянки, на яких поява людей стає небезпечною. Розрізняють у плані монтажну зону, зону роботи крана і переміщення вантажів, небезпечну зону шляхів і зону роботи підйомника. Монтажною небезпечною зоною вважають ділянку, розташовану понизу під робочою ділянкою, межа якої визначається горизонтальною проекцією площі  $S$ , збільшену на безпечну відстань

$$O_3 = 0,3 \cdot H, \text{ м,}$$

де  $H$  – висота, на якій ведуться роботи, м.

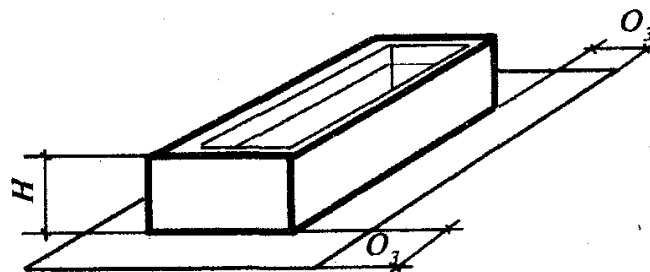


Рисунок 6.2 – Небезпечна зона поблизу споруди, що будується

Небезпечною зоною при роботі баштових кранів і переміщенні вантажів є площа, обмежена паралельними лініями на відстань від осі підкранової колії на величину найбільшого вильоту стріли в кожную сторону з можливим відльотом вантажу при його падінні.

Ширина небезпечної зони в поперечному перерізі дорівнює:

$$B = b + 2(R + S);$$

довжина в подовжньому перерізі:

$$L = l + 2(R + S),$$

де  $b$  і  $l$  – ширина і довжина підкранової колії, м;

$R$  – максимальний виліт гака, м;

$S$  – відліт вантажу при його падінні.

Відліт вантажу при падінні з висоти  $h$  від точки його підвішування може бути визначений за формулою:

$$S_k = 0,32\omega R\sqrt{h},$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання стріли,  $c^{-1}$ .

Ця формула враховує тільки початкову лінійну швидкість  $\omega R$  і висоту вантажу над землею і, таким чином, застосовна тільки для компактних вантажів, що володіють низькою парусністю, тобто з малим опором повітряному потоку, який обтікає.

Для панелей та плит з високою парусністю відліт вантажу визначають за наступною формулою:

$$S_n = \sqrt{h m(1 - \cos \alpha)} \cdot a,$$

де  $S$  – гранично можливий відліт конструкції в сторону від первинного положення її центру ваги при можливості вільного падіння, м;

$m$  – довжина стропів, м;

$h$  – висота підйому конструкції над рівнем землі, монтажним горизонтом в процесі монтажу, м;

$\alpha$  – кут між вертикаллю і стропом, град;

$a$  – половина довжини конструкції, м.

Для автомобільних і гусеничних кранів небезпечною зоною є площа, описана радіусом, який дорівнює найбільшому вильоту стріли плюс найбільш можливий відліт вантажу при його падінні.

Небезпечна зона роботи підйомника охоплює простір можливого падіння вантажу, що піднімається. Небезпечну зону слід приймати для будівель заввишки до 20 м не менше 5 м від підйомника в плані, а для будівель більшої висоти –  $0,25H$ , де  $H$  – висота будівлі, м.

### **6.3 Розрахунок і підбір сталевого канату для стропів**

Стальні дротяні канати, що застосовуються як вантажні, стрілові, несучі та тягові, повинні бути перед встановленням на вантажопідіймальну машину перевірені розрахунком:

$$P/S > K,$$

де  $P$  – зусилля на розрив каната, що приймається за сертифікатом заводу-виробника, кН;

$S$  – найбільший натяг гілки стропа без урахування динамічних навантажень, кН;

$K$  – коефіцієнт запасу міцності, який залежно від призначення та режиму роботи каната коливається від 3 до 9 ( $K = 9$  для канатів вантажопідійомних машин, що призначені для підймання людей).

Стропи зі сталевих канатів розраховуються за вказаною вище формулою з урахуванням кількості гілок стропа та кута нахилу їх до вертикалі. Натяг, що виникає у кожній гілці стропа, нахилений до вертикалі під кутом  $\alpha$ , визначається за формулою:

$$S = \frac{Q}{m \cos \alpha} = R \frac{Q}{m},$$

де  $Q$  – маса вантажу, підвішеного на гаку, т;

$m$  – кількість гілок каната;

$R$  – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу,  $\alpha$ , гілки стропа до вертикалі (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

$\alpha$ , град	0	15	30	45	60
$R$	1	1,03	1,15	1,42	2

При розрахунку стропів, призначених для піднімання вантажів із обв'язуванням або зачіплюванням гаками, кільцями або сергами, коефіцієнт запасу міцності канатів повинен прийматися не менше шести.

Далі з урахуванням коефіцієнту запасу визначають розривне зусилля в гілці стропа:

$$N = k_3 \cdot S.$$

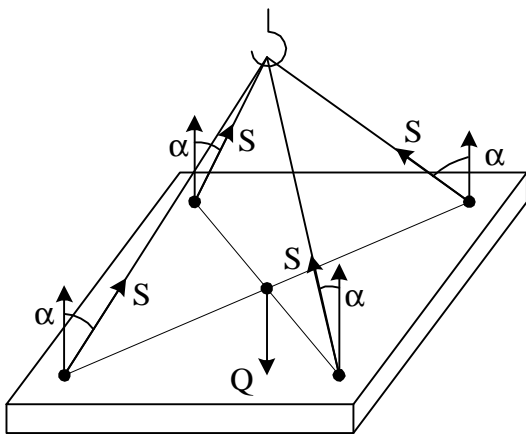


Рисунок 6.3 – Схема для розрахунку натягу в гілках стропа

По знайденому розривному зусиллю по [6] підбирають канат і визначають його технічні дані: тимчасовий опір розриву, ближнє більше до розрахункового та його тип і діаметр.



## 7 Визначення небезпечних зон під час роботи землерийних і вантажопідійомних машин з урахуванням можливого обвалення ґрунту

Розрахувати й графічно зобразити величину небезпечної зони під час роботи землерийних і вантажопідійомних машин з урахуванням можливого обвалення ґрунту для таких технологічних процесів:

1. Робота екскаватора з прямою лопатою в забої при розробки ґрунту бічною проходкою.

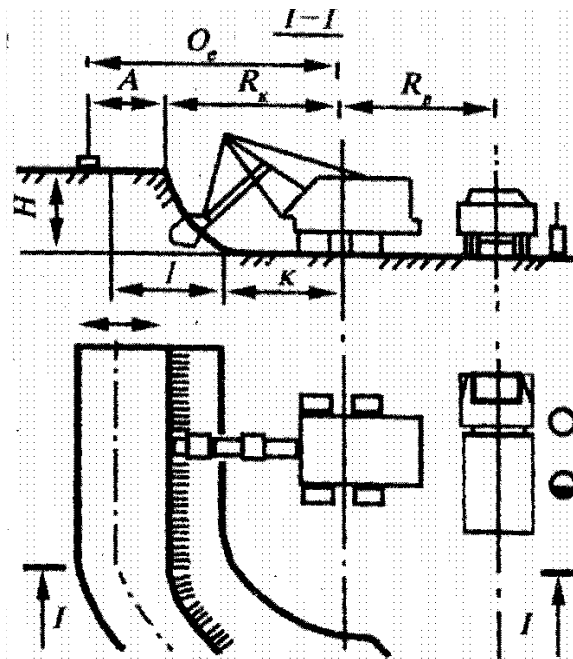


Рисунок 7.1 – Небезпечна зона при роботі землерийної машини в забої

2. Робота стрілового крану, встановленого біля укосу того ж котловану, що вже виритий екскаватором (монтаж фундаментних блоків).

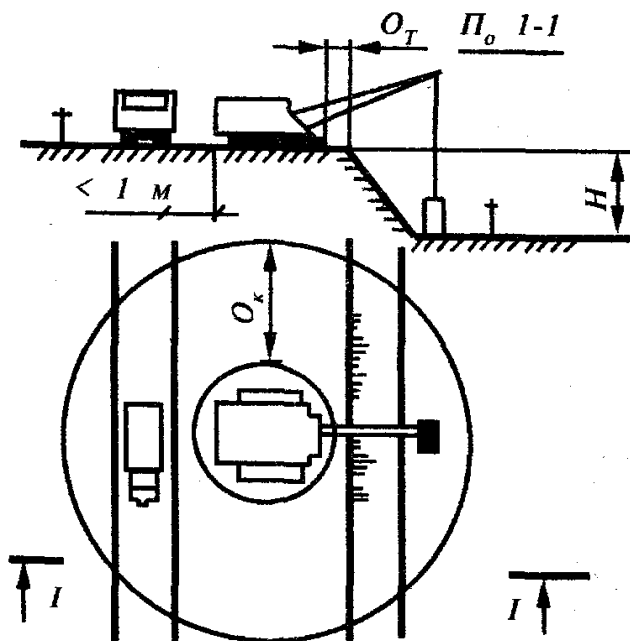


Рисунок 7.2 – Небезпечна зона при роботі стрілового крану біля укосу

Роботи проводять при наступних умовних даних, наведених в таблицях 7а і 7б.

Таблиця 7а – Вихідні дані за варіантами

Передостання цифра номера залікової книжки Варіативний параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Висота укусу (глибина виїмки) $H$ , м	1,5	3	3	2	3	3,5	1,5	3	2,5	2,5
Радіус копання $R_k$ , м, радіус вивантаження $R_e$ , м	6,5	6,7	7,3	6,7	7,0	5,5	6,7	5,5	6,7	6,7

Таблиця 7б – Вихідні дані за варіантами

Остання цифра номера залікової книжки Варіативний параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Відстань між віссю руху екскаватора і подошвою укусу $K$ , м	4,5	5	5,5	5,5	5	4,5	4,5	5	5,5	5
Вид ґрунту	Насипний не ущільнений	Піщаний	Супісок	Суглинок	Глина	Лес і лесоподібні	Супісок	Піщаний	Суглинок	Глина

Небезпечна зона при роботі екскаватора з прямою лопатою  $O_e$  визначається з боку копання сумою радіуса копання  $R_k$  і відстанню від верху забою до лінії нормативної крутизни укусу ґрунту  $A$  плюс 1 м, а з протилежного боку (з боку вивантаження ґрунту) – радіусом вивантаження  $R_e$  (рис. 7.2). Крутизна укусу визначається відношенням його висоти  $H$  до закладення  $B$ .

Потрібно:

1. Під час роботи екскаватора в забої, користуючись [9, 10]:
  - 1.1. Викреслити розрахункову схему (згідно з рис. 7.1).
  - 1.2. Визначити величину закладення ґрунту  $B$  [9, табл. 4; 10, табл. 4].
  - 1.2. Визначити величину подошви закладення  $I = H \cdot B$ .
  - 1.3. Розрахувати відстань від верху забою до лінії нормативної крутизни укусу, прийнявши відстань між віссю руху екскаватора і подошвою укусу  $K = 5$  м за формулою:

$$A = K + I - R_k + 1, \text{ м.}$$

1.4. Знайти величину небезпечної зони при роботі екскаватора

$$Q_{\text{эк}} = R_{\text{к}} + A, \text{ м.}$$

2. Для забезпечення небезпечної роботи стрілового крану біля укосу того ж котловану, користуючись [9, 10]:

2.1. Викреслити розрахункову схему (згідно з рис. 7.2);

2.2. Визначити небезпечну зону для стрілового крану при роботі біля укосу котловану за формулою:

$$Q_m = 1,2 \cdot H \cdot B + 1, \text{ м.}$$

2.2. Визначити найменш допустиму (нормативну) відстань по горизонталі від підвалини укосу виїмки до найближчої опори машини  $Q_m^H$ , м [9, табл. 4.2; 10, табл. 3].

2.3. Вибрати величину небезпечної зони і обґрунтувати цей вибір.

2.4. Зобразити небезпечну зону на кресленні.

## **8 Визначення параметрів захисних огорожень від механічного травмування**

### *Вимоги до огорожень*

Засоби, що обгороджують, є одними з основних при роботі металорізальних верстатів. Розглянемо їх більш докладно.

*Вибір виду* огороження залежить від умов його застосування. Стаціонарні огороження лише періодично демонтують для виконання допоміжних операцій (зміна робочого інструмента, змазування, проведення контрольних вимірів деталей). Їх виконують так, щоб вони пропускали оброблювану деталь, але перешкождали б проходженню рук працюючого в технологічний проріз. Таке огороження може бути *повним*, коли локалізується небезпечна зона разом із самою машиною, чи *частковим*, коли ізолюється тільки небезпечна зона машини. Прикладами повного огороження є огороження розподільних пристроїв електроустаткування, корпуса електродвигунів, часткового – огороження фрез чи робочої зони верстата.

Можливе застосування *рухливого* (знімного) огороження, що являє собою пристрій, який заблокований з робочими органами механізму чи машини, унаслідок чого воно закриває доступ у робочу зону при настанні небезпечного моменту. В інший час доступ у зазначену зону відкритий.

*Переносні* огороження є тимчасовими. Їх використовують при ремонтних і налагоджувальних роботах для захисту від випадкових доторкань до струмоведучих частин, а також від механічних травм і опіків. Виконуються вони найчастіше у виді щитів висотою 1,7 м.

*Конструкція і матеріал* пристроїв, що обгороджують, визначаються особливостями устаткування і технологічного процесу в цілому. Огороження виконують у виді зварених і литих кожухів, ґрат, сіток на твердому каркасі, а також у виді твердих суцільних щитів (щитків, екранів). Розміри осередків у сітчастому і ґратчастому огороженні визначаються відповідно до ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ. «Оборудование производственное. Ограждения защитные». Величини безпечної відстані від деталей, що рухаються, до поверхні огороження наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Безпечна відстань від деталей, що рухаються, до поверхні огороження

Найбільший діаметр окружності, що вписана в отвір ґрат (сітки), мм	Безпечна відстань, мм
До 8	Не менш 15
8-10	15-35
10-35	35-120
25-40	125-200

У відповідності з ГОСТ 12.2.003-74\* «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» рухомі частини виробничого обладнання, якщо вони є джерелом небезпеки, повинні бути огорожені, за винятком частин, огороження яких не допускається їх функціональним призначенням. У якості огорожувальних пристроїв широко використовуються захисні екрани, щити (щитки), козирки, кожуха. Вони виконуються з металу, пластмас, дерева і можуть бути як суцільними, так і сітчастими.

Захисні екрани як правило виконують у вигляді паралелепіпедів, кожна грань яких представляє собою пластину з міцним з'єднанням за допомогою болтів або зваркою по периметру. Можуть бути і сітчасті огороження.

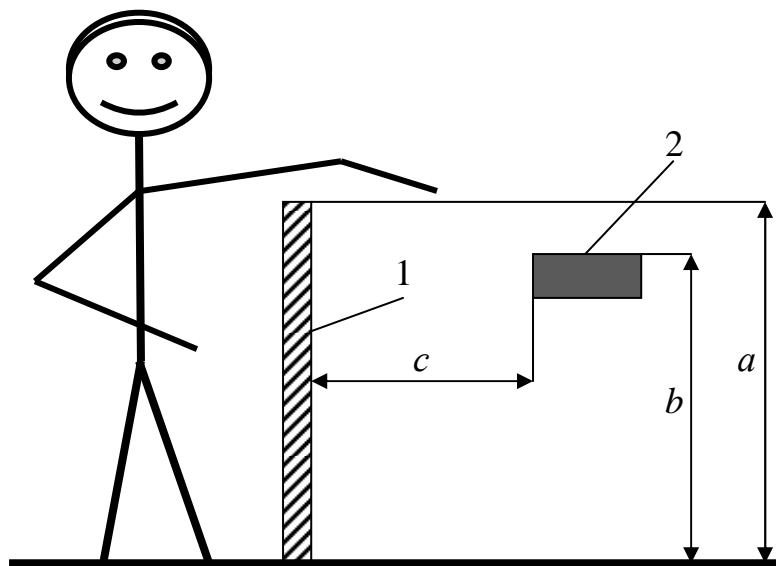


Рисунок 8.1 – Схема до визначення висоти захисного огороження:  
1 – огороження; 2 – небезпечний елемент

Зони безпеки для працюючих з урахуванням використання огорожень повинні відповідати зонам досяжності моторного поля. Мінімальну висоту огорожень типу бар'єрів, які перешкоджають попаданню працюючих в небезпечну зону, вибирають у залежності від висоти розташування небезпечного елемента і відстані між огороженням й небезпечним елементом (рис. 8.1 і табл. 8.2). При використанні огороження заданої висоти по таблиці 8.2 знаходять потрібну відстань від нього до небезпечного елемента.

Таблиця 8.2 – Відстань від небезпечного елемента до огороження,  $c$ 

$b$ , мм	Висота захисного огороження, $a$ , мм							
	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000 і менше
2600	100	100	100	100	100	100	100	100
2400	–	100	100	150	150	200	200	200
2200	–	250	350	400	500	500	600	600
2000	–	–	350	500	600	700	900	1100
1800	–	–	–	600	900	900	1000	1100
1600	–	–	–	500	900	900	1000	1300
1400	–	–	–	100	800	900	1000	1300
1200	–	–	–	–	500	900	1000	1400
1000	–	–	–	–	300	900	1000	1400
800	–	–	–	–	–	600	900	1300
600	–	–	–	–	–	–	500	1200
400	–	–	–	–	–	–	300	1200
200	–	–	–	–	–	–	200	1100

Завдання для самостійного опрацювання:

1. У відповідності із завданням викладача вибрати параметри захисного огороження.

2. Виконати креслення робочого місця з захисним огороженням.

У якості матеріалу для огорожень використовують метали, пластмаси, дерево. При необхідності спостереження за робочою зоною, крім сіток і ґрат, застосовують суцільні огорожувальні пристрої з прозорих матеріалів (оргскла, триплекса й ін.).

Захисні екрани металорізальних верстатів повинні захищати працюючого від стружки, що відлітає, і мастильно-охолодної рідини; мати масу не більш 6 кг і кріплення, що не вимагає застосування ключів і викруток (захисні пристрої відкриваючого типу повинні при усталеному русі переміщатися з зусиллям не більш 40 Н); бути твердим, для чого виконуватися з листової сталі товщиною не менш 0,8 мм, листового алюмінію товщиною не менш 2 мм чи міцної пластмаси товщиною не менш 4 мм.

Оглядові вікна в захисних екранах на верстатах, що працюють лезовим інструментом, необхідно виготовляти з безосколкового тришарового полірованого чи плоского загартованого полірованого скла товщиною не менш 4 мм. Можливе використання іншого прозорого матеріалу, що не уступає за експлуатаційними властивостями.

Захисні екрани не повинні обмежувати технологічні можливості верстата і викликати незручності при роботі, збиранні, налагодженні, а також призводити при відкриванні до забруднення підлоги мастильно-охолодною рідиною. При необхідності захисні екрани варто постачати рукоятками, скобами для зручності відкривання і закривання, зняття, переміщення й установки. Кріплення захисних пристроїв має бути надійним, що виключають випадки само відкривання.

Товщини захисних огорожень з різних матеріалів і їх схеми для різних типорозмірів шліфувальних кіл заточувальних верстатів визначені ГОСТ 12.3.028-82 ССБТ у залежності від робочої окружної швидкості.

## 9 Розрахунок засобів захисту, що обгороджують

Для витримування навантаження від часток, що відлітають при обробці, і випадкових впливів обслуговуючого персоналу, огороження мають бути досить міцними і добре кріпитися до фундаменту чи частинам машини. При розрахунку на міцність огорожень машин і агрегатів для обробки металів необхідно враховувати можливість вильоту й удару об огороження оброблюваних заготівель.

Вибір матеріалу і товщини екрана залежить від величини динамічних навантажень, що діють на екран. Так, на металорізальних верстатах на захисний екран може ударно впливати елементна стружка, а також різальний інструмент при його вильоті внаслідок поганого кріплення чи руйнування, на іспитових стендах – випробувані зразки, вузли, елементи стенда. Екран може зруйнуватися унаслідок виникаючих деформацій або може бути «прошитий» наскрізь стружкою чи подібним їй елементом.

Визначення товщини суцільного екрана  $h$  при деформації проводиться для найбільш небезпечного випадку – удар у центр екрана. При цьому міцність екрана повинна відповідати умові

$$[\sigma] > \sigma_{екв},$$

де  $[\sigma]$  – допустиме напруження на вигин матеріалу екрана, Н/м<sup>2</sup>;

$\sigma_{екв}$  – діюча еквівалентна напружка на вигин матеріалу екрана, Н/м<sup>2</sup>;  
розраховується за формулою:

$$\sigma_{екв} = \sigma_x - \sigma_y,$$

де  $\sigma_x$  – напружка на вигин у напрямку за висотою екрана, Н/м<sup>2</sup>;

$$\sigma_x = (E/1 - \mu^2) \cdot (\varepsilon_x + \mu \cdot \varepsilon_y),$$

$\varepsilon_y$  – напружка на вигин у напрямку за довжиною екрана, Н/м<sup>2</sup>;

$$\varepsilon_y = (E/1 - \mu^2) \cdot (\varepsilon_y + \mu \cdot \varepsilon_x),$$

$E$  і  $\mu$  – відповідно коефіцієнт Пуассона і динамічний модуль пружності матеріалу екрана, МПа (табл. 9.1);

$\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  – деформації за осями  $x$  и  $y$ , що розраховуються в залежності від динамічного впливу; максимальної маси елемента, виліт якого можливий; швидкості елемента в момент удару, часу зіткнення елемента з екраном; відстані від елемента до екрана в початковий момент; значення статичного впливу на екран; висоти і довжини екрана.

Характеристики деяких матеріалів наведені в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Характеристики матеріалів захисних екранів

Матеріал	$E$ , МПа	$[\sigma]$ , МПа	$\mu$
Оргскло «СОЛ»	2700	120	0,3
Оргскло	2900	140	0,3
Оргскло	3500	140	0,3
Сталь	205000	140-230	0,24-0,28
Сплави алюмінію	71000	46-77	0,32

**Приклад.** Вивести в загальному виді формулу розрахунку міцності скляного щитка для захисту від стружки, що відлітає.

Рішення. Щиток являє собою пластинку прямокутної форми довжиною  $l$ , шириною  $b$ , товщиною  $s$ . Пластинка затиснута по кінцях у держачах так, що систему можна розглядати як балку, що лежить на двох опорах. Стружка має вагу  $G$ , летить у напрямку до щитка зі швидкістю  $v$  і вдаряє в щиток перпендикулярно в його середину. Відстань від місця відділення стружки до щитка дорівнює  $h$ .

У випадку прямокутного перетину рівняння можна подати у вигляді:

$$G \cdot v^2 / 2 \cdot g = [\sigma]^2 \cdot l \cdot b \cdot s / 18 \cdot E.$$

Звідси одержуємо умову міцності щитка

$$G \cdot v^2 \leq [\sigma]^2 \cdot l \cdot b \cdot s \cdot g / 9 \cdot E.$$

Вибираючи відповідні матеріал і розміри можна зробити щиток міцним для максимально можливої ваги стружки швидкості її відлітання.

## 10 Аналітична оцінка умов праці

Умови праці як сукупність санітарно-гігієнічних, психофізіологічних, соціальних і естетичних елементів виробничого середовища здійснюють безпосередню дію на здоров'я і працездатність людини. Для розробки заходів, що дозволяють запобігти зниженню працездатності, виникненню професійних захворювань і випадків виробничого травматизму, потрібно **об'єктивно оцінити вплив** умов праці на людину. У зв'язку з цим необхідні такі засоби якісної і кількісної оцінки, які б дозволили з достатньою об'єктивністю і точністю визначити ступінь впливу несприятливих умов праці на організм людини.

Існує дві методики аналізу умов праці:

- за окремими елементами умов праці;
- за інтегральною оцінкою.

Аналіз умов праці за **окремими елементами** припускає виявлення усіх діючих і потенційно можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, визначення їх природи, характеру дії на людину, рівень і тривалість впливу протягом зміни. Потім, керуючись діючою нормативно-технічною документацією, визначається допустимий рівень виявлених факторів. На основі порівняння фактичних значень факторів з їх нормативними значеннями, робляться висновки про ступінь небезпеки або шкідливості та даються рекомендації про необхідність

здійснення заходів щодо усунення несприятливого впливу виявлених виробничих факторів.

Аналіз умов праці за **інтегральною оцінкою** ґрунтується на застосуванні показника – тяжкості праці. Під **тяжкістю праці** розуміється ступінь сукупної дії всіх факторів умов праці (санітарно-гігієнічних, соціально-психологічних та інших) на працездатність людини і його здоров'я.

При оцінці враховуються санітарно-гігієнічні та психофізіологічні виробничі елементи умов праці. **Санітарно-гігієнічні елементи** включають: температуру повітря на робочому місці, атмосферний тиск, наявність токсичних речовин, пилю, вібрації, шуму, ультразвуку, теплового випромінювання, електромагнітних полів, іонізуючих випромінювань, а також біологічні (мікро- і макроорганізми) фактори. До **психофізіологічних елементів** відносяться: фізичне динамічне і статичне навантаження, робоча поза і переміщення в просторі, змінність, тривалість безперервної роботи протягом доби, точність зорових робіт, число заданих об'єктів спостереження, темп роботи, монотонність роботи, об'єм одержуваної інформації і той, що переробляється, режим праці й відпочинку, нервово-емоційне навантаження, інтелектуальне навантаження.

При визначенні інтегрального показника тяжкості праці враховуються **біологічно значущі елементи**, тобто елементи, що одержали при оцінці з урахуванням експозиції (тривалості дії протягом зміни) бал більше 2. Елементи, що одержали 1-2 бали, формують комфортний або нормальний стан організму і в розрахунок не враховуються.

Під впливом різних виробничих шкідливостей безпосередньо в процесі праці протягом ряду років роботи у даних умовах формується один з трьох якісно певних **функціональних станів організму**: нормальне, прикордонне (між нормою і патологією) і патологічне. Від того, в якому функціональному стані знаходиться організм людини, залежать результати трудової діяльності і здоров'я працівника. Тому характерні ознаки кожного з трьох функціональних станів організму можуть служити фізіологічною шкалою при визначенні тяжкості робіт. Вказані ознаки є основним критерієм в розробленій НДІ праці класифікації, яка залежно від ступеня дії умов праці на людину виділяє **6 категорій** тяжкості робіт.

До **першої категорії тяжкості** відносяться будь-які види робіт, які виконуються в оптимальних умовах зовнішнього середовища. Тут трудове навантаження знаходиться у відповідності до фізіологічних можливостей людини і відповідає його здібностям і схильностям. Роботи, що відносяться до даної категорії тяжкості, найбільш сприятливі у фізіологічному відношенні й найбільш перспективні економічно. При такій мобілізації працездатності можлива висока продуктивність і ефективність усіх видів праці.

До **другої категорії тяжкості** відносяться такі роботи, в результаті виконання яких нормальний стан організму практично не змінюється. У кінці роботи при перемиканні діяльності у більшості виконавців не наголошується погіршення досліджуваних показників у порівнянні з початковим рівнем. Звичайного відпочинку після роботи цілком достатньо для відновлення початкового рівня функцій даної категорії людей стан здоров'я благополучний, професійні й виробничі обумовлені захворювання, як правило, не наголошуються.



До **третьої категорії тяжкості** відносяться роботи, при виконанні яких в організмі людини через підвищене навантаження, або ж не цілком сприятливі умови праці, або при поєднанні того або іншого формується початкова стадія прикордонного функціонального стану. Основною ознакою категорії є уповільнення фізіологічних функцій. Знижується індивідуальна продуктивність праці, погіршуються техніко-економічні показники.

До **четвертої категорії тяжкості** відносяться роботи, при виконанні яких в організмі виконавця формується глибокий прикордонний функціональний стан. Основна ознака цього стану – розгальмовування. Для цієї категорії характерне зменшення кількості й погіршення якості продукції, що випускається, а також нестійкість функцій. Підвищується рівень загальної захворюваності, з'являються виробничі обумовлені захворювання, зростає кількість і тяжкість виробничих травм, можуть виникати профзахворювання.

До **п'ятої категорії тяжкості** відносяться роботи, при виконанні яких в організмі людини формується патологічний функціональний стан. Цей стан виникає в результаті надмірного навантаження, особливо, коли воно здійснюється в несприятливих санітарно-гігієнічних умовах. Відмітною ознакою для віднесення роботи до цієї категорії тяжкості служить поява парадоксальних і ультра парадоксальних реакцій. Суть їх полягає у тому, що позитивні сигнали не сприймаються, втрачають стимулюючий вплив, а негативні, тобто заборонні, помилкові або небезпечні дії посилюються, що може викликати неправильні неадекватні поведінкові реакції: у одних випадках апатію, в інших – невмотивований гнів, агресивність. Може виникнути і невинуватене, не відповідне дійсному стану речей відчуття безпеки і благополуччя. У всіх таких випадках легко може бути пропущений сигнал, що попереджує про небезпеку, що призведе до аварій і нещасних випадків. У людей, що тривало виконують роботу п'ятої категорії тяжкості, з часом розвиваються хронічні виробничі обумовлені захворювання, а за наявності промислової шкідливості і професійні хвороби.

До **шостої категорії тяжкості** відносяться роботи, при виконанні яких ознаки патологічного функціонального стану в організмі людини виразно з'являються порівняно рано, нерідко вже в першій половині робочого дня. Для цієї категорії тяжкості характерна найбільша кількість виробничі обумовлених і професійних захворювань, які виявляються рано і набувають важкого перебігу.

При визначенні **інтегрального показника** враховуються біологічно значущі елементи умов праці, що викликають прикордонні та патологічні зміни і реакції організму працюючого.

Згідно з Категорією оцінки умов праці на робочих місцях, кожний виробничий елемент умов праці  $X_i$  на робочому місці отримує бальну оцінку від 1 до 6, якщо він впливає на працівника на протязі всієї робочої зміни. У тих випадках, коли він впливає на працівника не повний робочий день, а лише частково, елемент оцінюється його тривалістю і визначається за діаграмами (рис. 10.1) з урахуванням часу їх впливу.

Інтегральну бальну оцінку важкості праці  $I_{e, np}$  на конкретному робочому місці можна визначити за такою формулою

$$I_{\text{в пр}} = 10[X_{\text{он}} + X(6 - X_{\text{он}})/6],$$

де  $X_{\text{он}}$  – елемент умов праці, який одержав найбільшу оцінку;

$X$  – середній бал всіх біологічно значущих елементів умов праці, крім визначаючого  $X_{\text{он}}$ , що дорівнює

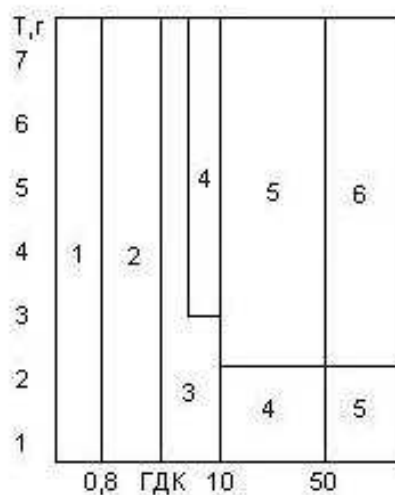
$$X = \sum_{i=1}^n X_i / (n - 1),$$

де  $\sum_{i=1}^n X_i$  – сума всіх біологічно значущих елементів, крім визначаючого  $X_{\text{он}}$ ;

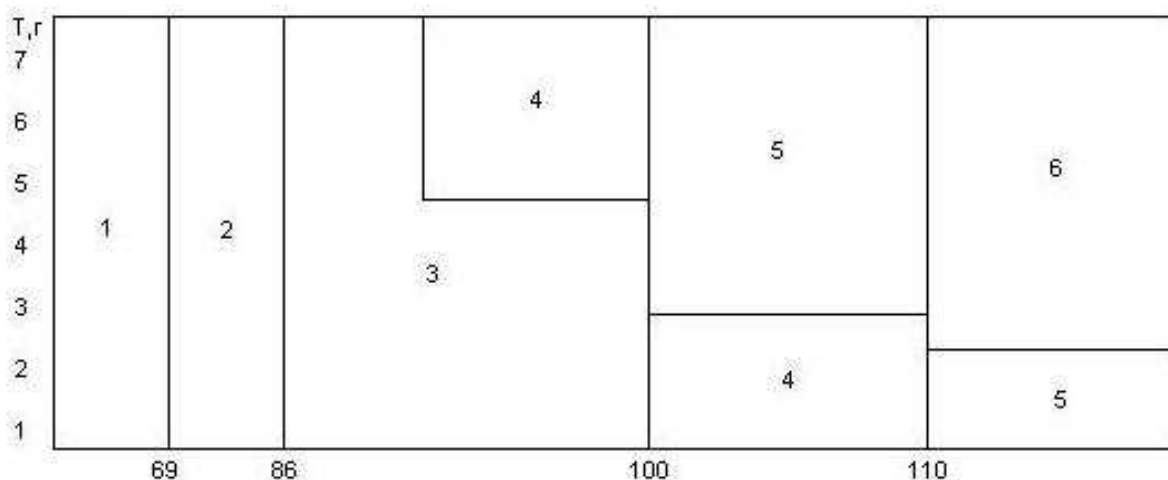
$n$  – кількість врахованих елементів умов праці.

Біологічно значущими елементами є елементи, які отримали бальну оцінку від 3 до 6 балів.

### Вплив часу дії на оцінку елементів умов праці



*a*



*б*

Рисунок 10.1 – Оцінка в балах (цифри на полі діаграм) елементів умов праці при різному часі впливу:

*a* – пилу; *б* – шуму

Для оцінки технічного стану устаткування використовують **коефіцієнт небезпечності устаткування**. Оцінка безпеки існуючого устаткування є важливою складовою частиною атестації робочих місць. Вона дозволяє визначити заходи щодо зроблення устаткування відповідним до вимог стандартів безпеки.

Безпека устаткування оцінюється коефіцієнтом безпеки  $K_b$ , що дорівнює 100 %, якщо устаткування відповідає вимогам стандартів безпеки на даний вид устаткування.

Суть **методики оцінки безпеки виробничого устаткування**:

- складається список усіх можливих порушень вимог безпеки, пропонується до даного виду устаткування;
- шляхом експертної оцінки визначається важливість кожного з порушень (складається ранжирувана послідовність порушень);
- кожному з порушень привласнюється коефіцієнт вагомості відповідно до ранжируваної послідовності, що визначається за допомогою нормувальної функції, при цьому сума усіх вагових коефіцієнтів дорівнює одиниці;
- оцінюється наявність перелічених порушень для конкретного виробничого устаткування; при цьому варто мати на увазі, що порушенням вважається не тільки відсутність якого-небудь елемента, але і неправильне його виконання;
- коефіцієнт безпеки конкретного устаткування  $K_b$  визначається за формулою:

$$K_b = 100(1 - \Sigma g_i),$$

де  $\Sigma g_i$  – сума коефіцієнтів вагомості виявлених порушень вимог безпеки для даного устаткування.

Оцінка безпеки устаткування дозволяє виявити послідовність заміни устаткування на нове, або послідовність його модернізації з метою надання стану безпеки відповідності до вимог стандартів. Крім того, кількісна оцінка рівня безпеки використовуваного устаткування дозволяє намітити й обґрунтувати заходи щодо підвищення безпеки робочих місць.

**Приклад.** Ділянка механічного цеху складається з 5 верстатів. Аналіз нормативних умов до даного виду устаткування дозволив виявити основні можливі порушення вимог безпеки. До них відносяться: відсутність захисного екрана зони різання; відсутність місцевого освітлення; незручне розташування органів керування; невідповідна форма і фарбування органа аварійного відключення.

Аналіз фактичного стану верстатів показав існуючі порушення вимог безпеки: верстат № 1 – відсутність захисного екрана зони різання; верстат № 2 – невідповідна форма і фарбування органа аварійного відключення; верстат № 3 – відсутність місцевого освітлення; верстат № 4 – незручне розташування органів керування та відсутність захисного екрана зони різання; верстат № 5 – незручне розташування органів керування.

Розрахувати коефіцієнт безпеки верстатів ділянки. Визначити та обґрунтувати послідовність модернізації ділянки.

Рішення. Список усіх можливих порушень вимог безпеки, пропонується до даного виду устаткування наведено в умовах прикладу. Складаємо ранжирувану послідовність порушень згідно з нашою експертною оцінкою і визначаємо коефіцієнт вагомості кожного порушення (табл. 10.1).

Таблиця 10.1 – Ранжирувана послідовність порушень

Порушення вимог безпеки	Оцінка, бал	Коефіцієнт вагомості
Відсутність захисного екрана зони різання	10	$10/30 = 0,333$
Відсутність місцевого освітлення	9	$9/30 = 0,30$
Незручне розташування органів керування	4	$4/30 = 0,133$
Невідповідна форма і фарбування органа аварійного відключення	7	$7/30 = 0,233$
Разом	30	1

Визначаємо коефіцієнт безпеки для кожного верстата:

верстат № 1 –  $K_{\sigma} = 100(1 - 0,333) = 66,7 \%$ ;

верстат № 2 –  $K_{\sigma} = 100(1 - 0,233) = 76,7 \%$ ;

верстат № 3 –  $K_{\sigma} = 100(1 - 0,30) = 70,0 \%$ ;

верстат № 4 –  $K_{\sigma} = 100(1 - (0,333 + 0,133)) = 53,4 \%$ ;

верстат № 5 –  $K_{\sigma} = 100(1 - 0,133) = 86,7 \%$ .

Відповідно до одержаних коефіцієнтів безпеки визначаємо послідовність модернізації ділянки цеху: верстати № 4, потім – 1, 3, 2 та 5.

Оцінка умов праці та розрахунок аналітичних показників дозволяє обґрунтувати вибір заходів і засобів з охорони праці для усунення можливостей травмування працюючих, шкідливих впливів виробничого середовища й створення умов для високопродуктивної праці, а також оцінити їх ефективність.

## Список джерел

1. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / Под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 2002. – 310 с.
2. Миценко І. М. Умови праці на виробництві / І. М. Миценко. – Кіровоград : КРД, 1999. – 324 с.
3. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей : навчальний посібник / За редакцією В. В. Сафонова. – Київ : Основа, 2001.
4. Золотницкий Н. Д. Охрана труда в строительстве / Н. Д. Золотницкий, В. А. Пчелинцев. – М., 1978.
5. Инженерные решения по технике безопасности в строительстве / Н. Д. Золотницкий и др. – М., 1969.
6. Имайкин Г. А. Автомобильные дороги. Охрана труда в строительстве / Г. А. Имайкин. – М., 1985.
7. Мулин В. И. Механика грунтов для инженеров-строителей / В. И. Мулин. – М., 1978.
8. Орлов Г. Г. Охрана труда в строительстве / Г. Г. Орлов. – М., 1984.
9. Инженерные решения по охране труда в строительстве. Справочник строителя / Г. Г. Орлов и др. – М., 1985.
10. Охрана труда в строительстве / В. А. Пчелинцев и др. – М., 1991.
11. Охрана труда в строительстве. Инженерные решения / Русин В. И. и др. – Київ, 1990.
12. ДБН А.3.2-2-2009 ССБП «Промислова безпека у будівництві. Основні положення».
13. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. – М., 1982.
14. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. – М., 1988.
15. ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ. «Оборудование производственное. Ограждения защитные».
16. Беляев Н. М. Соппротивление материалов / Н. М. Беляев. – М., 1976.
17. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование : справочник / С. В. Белов, А. Ф. Козьяков, О. Ф. Партолин и др. ; под ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.
18. Дементій Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с.
19. Безопасность труда в промышленности : справочник / К. Н. Ткачук и др. – Київ : Техніка, 1982. – 231 с.
20. Безопасность производственных процессов : справочник / С. В. Белов и др. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с.
21. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под ред. О. Н. Русака. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с.
22. Козьяков А. Ф. Охрана труда в машиностроении / А. Ф. Козьяков, Л. Л. Морозова. – М. : Машиностроение, 1990. – 256 с.

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки  
до практичних занять та самостійної роботи  
з дисципліни

## «БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ»

(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
напряму підготовки 6.170202 – Охорона праці)

Укладачі: **ЗАІЧЕНКО** Віктор Іванович,  
**МІКУЛІНА** Ірина Олексіївна

Відповідальний за випуск *Н. В. Хворост*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Г. О. Павлова*

План 2013, поз. 167 М

---

Підп. до друку 28.10.2013 р.

Друк на ризографі.

Тираж 50 пр.

Формат 60 × 84/16

Ум. друк. арк. 1,6

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017 р.