

## **АНАЛІЗ РИЗИКІВ ТРАВМУВАННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ ДЛЯ СЕРЕДНЬОСТАТИСТИЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА УКРАЇНИ**

*А. О. Водяник, канд. техн. наук (ННДІОП)*

*Приведены результаты анализа причин риска травмирования на производстве с использованием официальной статистической информации за три года. Получена матрица количественных оценок рисков травмирования со смертельным исходом и без такого исхода в зависимости от причин травмирования и видов события, приведших к несчастным случаям.*

Для обґрунтування рішень з профілактики виробничого травматизму вирішальне значення має виявлення та оцінювання причин ризику нещасних випадків на виробництві. Для цього застосовуються спеціальні методи, прийоми та способи аналізу причинно-наслідкових зв'язків, оцінювання вкладу окремої причини в процес травмування та її значимості для вибору найкращих заходів попереджувального характеру. Але у переважній більшості випадків це методи суб'єктивного аналізу, інколи з елементами кількісних оцінок [1–2], що зменшує цінність результатів аналізу, стримує застосування сучасних інформаційних технологій в управлінні охороною праці, знижує ефективність профілактики травматизму загалом.

Тому проблема дослідження причин виробничого травматизму та кількісного оцінювання ризику травмування за кожною з них для вибору ефективних заходів і засобів профілактики виробничого травматизму набуває останнім часом все більшого значення. Аналіз публікацій та практики управління охороною праці [2–4] показує, що останнім часом для оцінки стану безпеки праці та передбачення його змін під впливом тих чи інших управлінських рішень все ширше застосовується методологія ризику і показники й критерії, що його характеризують. Проте, не дивлячись на здобутки теорії ризику та досвід ефективного застосування її методів у різних сферах людської діяльності (економіка, страхування, екологія, проектування технічних систем, експлуатація об'єктів підвищеної небезпеки тощо), в управлінні профілактикою виробничого травматизму методи теорії ризику використовуються недостатньо.

Метою статті є дослідження причинно-наслідкових зв'язків при травмуванні працівника для середньостатистичного підприємства України з використанням офіційної статистичної інформації про причини травмування та види подій, що призвели до нещасних випадків.

Вихідні умови досліджень визначаються специфікою статистичної інформації. Зокрема, у формах обов'язкової звітності про виробничий травматизм (форма № 7-тнв), які є основою державної офіційної статистики у цій сфері [5–7], виділяються кількості потерпілих за рік за видами подій, що

призвели до травми, та кількості потерпілих за причинами травмування (для загальної кількості травмованих та травмованих зі смертельними наслідками). Для аналізу цієї інформації з використанням статистичних методів бажано мати максимально можливу кількість повторів значень кожного показника. Тому об'єктами досліджень вибрані адміністративно-територіальні одиниці України (24 області, АР Крим, міста Київ і Севастополь та Україна загалом) за період 2001–2003 рр. [5–7]. Середні за три роки значення показників за видами подій та причинами нещасних випадків, що призвели до травмування зі смертельним наслідком, дозволяють сформувати представницькі вибірки (28 значень кожного показника), виключити динамічну складову з аналізу і згладити галузеву специфіку.

Згідно з діючою на цей час класифікацією статистичних даних про причини нещасних випадків на виробництві схема настання нещасного випадку має такий вигляд (рис. 1):

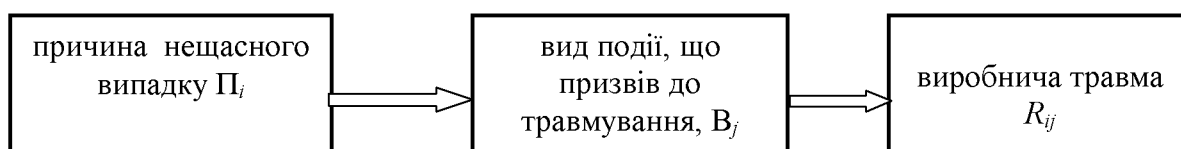


Рис. 1. Схема нещасного випадку, що відображається статистичними даними форми 7-тнв

До причин травмування, інформація про які міститься у статистичній звітності, належать: конструктивні недоліки ( $P_1$ ), недосконалість технологічних процесів ( $P_2$ ), незадовільний технічний стан виробничих фондів ( $P_3$ ), інші технічні причини ( $P_4$ ), недоліки з навчання ( $P_5$ ), порушення режиму праці та відпочинку ( $P_6$ ), недоліки з медичним обстеженням (профвідбором) ( $P_7$ ), відсутність або незастосування засобів індивідуального захисту ( $P_8$ ), порушення технологічного процесу ( $P_9$ ), порушення при експлуатації виробничих фондів ( $P_{10}$ ), порушення правил дорожнього руху ( $P_{11}$ ), порушення трудової та виробничої дисципліни ( $P_{12}$ ), інші організаційні причини ( $P_{13}$ ), алкогольне та наркотичне сп'яніння ( $P_{14}$ ), інші психофізіологічні причини ( $P_{15}$ ), інші причини ( $P_{16}$ ).

Статистична інформація про види подій, що призводили до травмування працівника, включає такі події: дорожньо-транспортні пригоди ( $V_1$ ), падіння потерпілого (без падіння з висоти) ( $V_2$ ), падіння потерпілого з висоти ( $V_3$ ), падіння предметів, матеріалів, породи, ґрунту ( $V_4$ ), дія деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються ( $V_5$ ), ураження електричним струмом ( $V_6$ ), дія шкідливих та токсичних речовин ( $V_7$ ), дія іонізуючих випромінювань ( $V_8$ ), нервово-психічні перевантаження ( $V_9$ ), контакт з тваринами, комахами, іншим ( $V_{10}$ ), утоплення ( $V_{11}$ ), навмисне вбивство чи навмисні дії іншої особи, що призвели до травми ( $V_{12}$ ), стихійне лихо ( $V_{13}$ ), пожежі ( $V_{14}$ ), інші види подій ( $V_{15}$ ).

Прийmemo, що для оцінювання складових схеми (див. рис. 1) застосовуються кількісні характеристики у вигляді показників ризику, тобто причини травматизму оцінюються за показниками ризику травмування по кожній з причин  $P_i^t$  ( $i$  – індекс причини травмування,  $i = 1, 2, \dots, 16$ ;  $t$  – індекс, що вказує на тяжкість травмування,  $t = см$  – травмування зі смертельним

наслідком,  $t = \text{заг}$  – травмування без смертельного наслідку), а види подій, що призвели до травмування – за показниками ризику, що відповідають кожній травматичній події  $V_j^t$  ( $j$  – індекс виду травматичної події,  $j = 1, 2, \dots, 15$ ). Показники ризику травмування загалом  $R^t$  та за окремими причинами  $P(\Pi_i^t)$  чи видами подій  $P(V_j^t)$  визначаються за частотою нещасних випадків:  $R^t = N^t / N_c$ , де  $N^t$  – кількість травмованих без смертельного наслідку або зі смертельним наслідком чи кількість травмованих за окремими причинами  $\Pi_i$  чи видами подій  $V_j$  (без смертельного наслідку та зі смертельним наслідком),  $N_c$  – середньооблікова кількість працюючих. Для полегшення сприйняття цифр їх множать на 100000. Показники ризику в цьому випадку інтерпретуються як кількість травмованих чи загиблих на виробництві за рік на сто тисяч працюючих.

Специфіка статистичної інформації про причини травматизму та види подій, що призвели до нещасних випадків, полягає в тому, що виконується умова

$$R^t = \sum_{i=1}^{16} P(\Pi_i^t) = \sum_{j=1}^{15} P(V_j^t). \quad (1)$$

Отже, загальний ризик травмування  $R^t$  дорівнює сумі ризиків за причинами або видами подій, що призвели до травмування.

Ще однією особливістю статистичної інформації про причини травмування на виробництві є те, що кожному нещасному випадку відповідає лише одна причина і лише один вид травматичної події, тобто ризик травмування за кожною з травматичних подій може залежати від однієї з причин, що наводяться у статистичних бюлетенях [5–7]:

$$P(V_j^t) = f[P(\Pi_i^t)]. \quad (2)$$

Оскільки ризик нещасного випадку – це ймовірність травмування на виробництві, з показниками ризику можна виконувати дії, передбачені теорією ймовірності. Зокрема, для розв'язання завдань, що розглядаються у статті, доцільно використати поняття умовної ймовірності. Відомо, що умовною ймовірністю  $P_A(B)$  називають ймовірність події  $B$ , обчисленої за умови того, що подія  $A$  вже наступила [8–10]. Тобто, ураховуючи схему причинно-наслідкових зв'язків, наведену на рис. 1, приймається, що для розрахунку ймовірності (ризик) травмування від тієї чи іншої події при проявленні певної причини травмування може застосовуватися умовна ймовірність. Для розрахунку умовної ймовірності використовується формула Байєса [8–10]

$$P_{\Pi}(V_j) = \frac{P(V_j)P_{V_j}(\Pi)}{P(\Pi)}. \quad (3)$$

З урахуванням того, що статистична база про причини та види травматичних подій побудована так, що одночасно мають виконуватися умови (1) і (2), формула (3) набуває вигляду

$$P_{\Pi_i}(B_j^t) = \frac{P(B_j^t)P(\Pi_i)}{\sum_{i=1}^n P(\Pi_i^t)}. \quad (4)$$

За формулою (4) виконано розрахунки ризиків травмування без смертельного наслідку та зі смертельним наслідком, що дозволило отримати дві матриці ризиків травмування на виробництві для середньостатистичного підприємства України (таблиця). У цих матрицях на основі статистики травматизму за три роки (2001–2003), а це близько 84 тисяч випадків травматизму без смертельного наслідку та 3,7 тисяч випадків зі смертельним наслідком, зафіксовано 240 різновидів ризику. Кожен з цих різновидів відповідає певному поєднанню однієї з причин травмування  $\Pi_i$  та однієї травматичної події  $B_j$ . Наприклад, поєднання причини  $\Pi_1$ , повна назва якої - конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність машин, механізмів, обладнання та виду травматичної події  $B_3$  (падіння потерпілого з висоти) формує різновид ризику, який можна інтерпретувати як ризик травмування від падіння потерпілого внаслідок конструктивних недоліків техніки. Отже, на відміну від широкого і значною мірою невизначеного трактування причини  $\Pi_1$  (конструктивні недоліки), різновид ризику  $P_{\Pi_1}(B_3)$  суттєвим чином деталізує причину ризику, що дозволяє більш чітко й цілеспрямовано впливати на неї.

Крім того, кількісні оцінки ризику, наведені у таблиці, дозволяють виконувати ранжування, визначати ті різновиди ризику, що потребують першочергової уваги, і виконувати інші дії, передбачені сучасними процедурами оцінювання ризиків та планування профілактики виробничого травматизму.

Узагальнений аналіз розрахованих оцінок різновидів ризику показав, що технічні причини травмування ( $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$ ) зумовлюють найбільші значення ризиків у поєднанні з видами травматичних подій  $B_2, B_4, B_5, B_{15}$  для нещасних випадків без смертельного наслідку (рис. 2, а) і  $B_1, B_3, B_4, B_5, B_{15}$  – для ризику травмування зі смертельним наслідком (рис. 2, б). Таким чином, для ризику травмування без смертельного наслідку найбільш небезпечними є різновиди ризику внаслідок конструктивних недоліків  $\Pi_1$ , недосконалості технологічних процесів  $\Pi_2$ , незадовільного технічного стану виробничих фондів  $\Pi_3$  та інших технічних причин, що можуть викликати падіння працівника ( $B_2$ ), ураження від падіння предметів, матеріалів, породи, ґрунту ( $B_4$ ), ураження від дії деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються ( $B_5$ ) та інших видів подій, ідентифікація яких не передбачена діючою класифікацією ( $B_{15}$ ). Для різновидів ризику травмування зі смертельним наслідком від технічних причин найбільш небезпечними є дорожньо-транспортні пригоди ( $B_1$ ), падіння потерпілого з висоти ( $B_3$ ), ураження від падіння предметів, матеріалів, породи, ґрунту ( $B_4$ ),

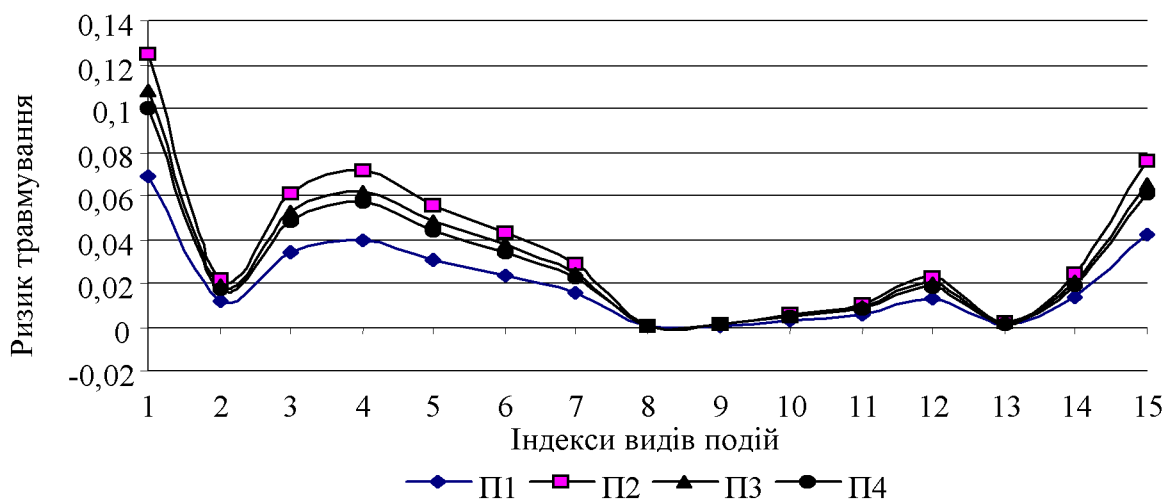
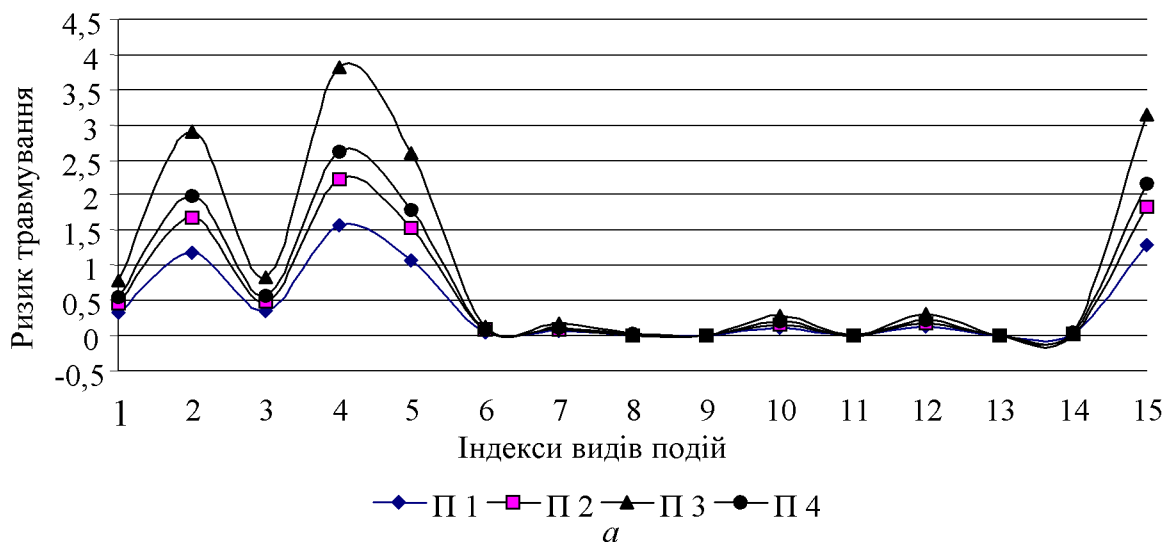
Матриця ризиків травмування для середньостатистичного підприємства України (чисельник – зі смертельним наслідком, знаменник – без смертельного наслідку),  $10^5$

	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>	П <sub>6</sub>	П <sub>7</sub>	П <sub>8</sub>	П <sub>9</sub>	П <sub>10</sub>	П <sub>11</sub>	П <sub>12</sub>	П <sub>13</sub>	П <sub>14</sub>	П <sub>15</sub>	П <sub>16</sub>
B <sub>1</sub>	0,069	0,125	0,108	0,100	0,046	0,025	0,014	0,065	0,185	0,300	0,230	0,271	0,188	0,175	0,028	0,339
	0,321	0,456	0,783	0,539	0,429	0,061	0,016	0,420	1,547	1,537	0,278	1,637	1,872	0,076	0,123	1,657
B <sub>2</sub>	0,012	0,022	0,019	0,017	0,008	0,004	0,002	0,011	0,032	0,052	0,040	0,047	0,032	0,030	0,005	0,059
	1,187	1,685	2,896	1,993	1,585	0,226	0,057	1,552	5,719	5,681	1,028	6,052	6,920	0,283	0,455	6,127
B <sub>3</sub>	0,034	0,061	0,053	0,049	0,022	0,012	0,007	0,032	0,090	0,146	0,112	0,132	0,092	0,085	0,014	0,165
	0,345	0,489	0,841	0,579	0,460	0,066	0,017	0,451	1,661	1,649	0,298	1,757	2,009	0,082	0,132	1,779
B <sub>4</sub>	0,040	0,072	0,062	0,057	0,026	0,014	0,008	0,037	0,106	0,172	0,132	0,156	0,108	0,101	0,016	0,195
	1,566	2,223	3,820	2,629	2,091	0,298	0,076	2,047	7,545	7,494	1,356	7,983	9,129	0,373	0,601	8,083
B <sub>5</sub>	0,031	0,055	0,048	0,044	0,020	0,011	0,006	0,029	0,082	0,133	0,102	0,121	0,083	0,078	0,012	0,151
	1,071	1,520	2,611	1,797	1,429	0,204	0,052	1,399	5,157	5,122	0,927	5,457	6,240	0,255	0,411	5,525
B <sub>6</sub>	0,024	0,043	0,037	0,034	0,016	0,008	0,005	0,022	0,064	0,103	0,079	0,094	0,065	0,060	0,010	0,117
	0,056	0,080	0,137	0,094	0,075	0,011	0,003	0,073	0,270	0,268	0,049	0,286	0,327	0,013	0,022	0,289
B <sub>7</sub>	0,016	0,028	0,025	0,023	0,010	0,006	0,003	0,015	0,042	0,068	0,053	0,062	0,043	0,040	0,006	0,077
	0,070	0,100	0,172	0,118	0,094	0,013	0,003	0,092	0,339	0,337	0,061	0,359	0,410	0,017	0,027	0,363
B <sub>8</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
	0,009	0,013	0,022	0,015	0,012	0,002	0,000	0,012	0,044	0,044	0,008	0,047	0,054	0,002	0,004	0,047
B <sub>9</sub>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003
	0,003	0,004	0,007	0,005	0,004	0,001	0,000	0,004	0,014	0,013	0,002	0,014	0,016	0,001	0,001	0,015
B <sub>10</sub>	0,003	0,006	0,005	0,005	0,002	0,001	0,001	0,003	0,008	0,014	0,010	0,012	0,009	0,008	0,001	0,015
	0,114	0,161	0,277	0,191	0,152	0,022	0,005	0,148	0,547	0,544	0,098	0,579	0,662	0,027	0,044	0,586
B <sub>11</sub>	0,006	0,011	0,009	0,008	0,004	0,002	0,001	0,006	0,016	0,025	0,020	0,023	0,016	0,015	0,002	0,029
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B <sub>12</sub>	0,013	0,023	0,020	0,018	0,008	0,004	0,003	0,012	0,033	0,054	0,042	0,049	0,034	0,032	0,005	0,061
	0,130	0,184	0,316	0,218	0,173	0,025	0,006	0,169	0,624	0,620	0,112	0,661	0,755	0,031	0,050	0,669
B <sub>13</sub>	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,003	0,005	0,004	0,005	0,003	0,003	0,000	0,006
	0,130	0,184	0,316	0,218	0,173	0,025	0,006	0,169	0,624	0,620	0,112	0,661	0,755	0,031	0,050	0,669
B <sub>14</sub>	0,013	0,024	0,021	0,019	0,009	0,005	0,003	0,013	0,036	0,058	0,045	0,053	0,037	0,034	0,005	0,066
	0,022	0,031	0,053	0,037	0,029	0,004	0,001	0,028	0,105	0,104	0,019	0,111	0,127	0,005	0,008	0,112
B <sub>15</sub>	0,042	0,076	0,066	0,061	0,028	0,015	0,009	0,040	0,112	0,182	0,140	0,165	0,114	0,106	0,017	0,206
	1,291	1,832	3,148	2,167	1,723	0,246	0,062	1,687	6,217	6,176	1,117	6,579	7,523	0,307	0,495	6,661

ураження від дії деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються ( $B_5$ ) та інших видів подій ( $B_{15}$ ).

Таким чином, отримані оцінки різновидів ризику травмування внаслідок технічних причин дозволяють більш детально урахувати причинно-наслідкові зв'язки, які мають місце в процесі травмування, що забезпечує застосування більш цілеспрямованих, отже, більш ефективних профілактичних заходів.

На рис. 3 наведено залежності оцінок різновидів ризику травмування від організаційних причин та видів травматичних подій. Найбільш небезпечними для ризику травмування без смертельного наслідку є організаційні причини, що здатні зумовити падіння працівника (за виключенням падіння з висоти),  $B_2$ ; травмування від падіння предметів, матеріалів, породи, ґрунту, ( $B_4$ ); ураження від дії деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються ( $B_5$ ) та інших видів подій ( $B_{15}$ ) (рис. 3, *a*). Для нещасних випадків зі смертельним наслідком найбільш небезпечними є організаційні причини, що можуть призвести до дорожньо-транспортних пригод ( $B_1$ ), а також до таких видів травматичних подій:  $B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_{14}, B_{15}$  (рис. 3, *б*).



*б*

Рис. 2. Залежність ризиків травмування без смертельного наслідку (*a*) та зі смертельним наслідком (*б*) від технічних причин для видів подій, що призвели до нещасних випадків

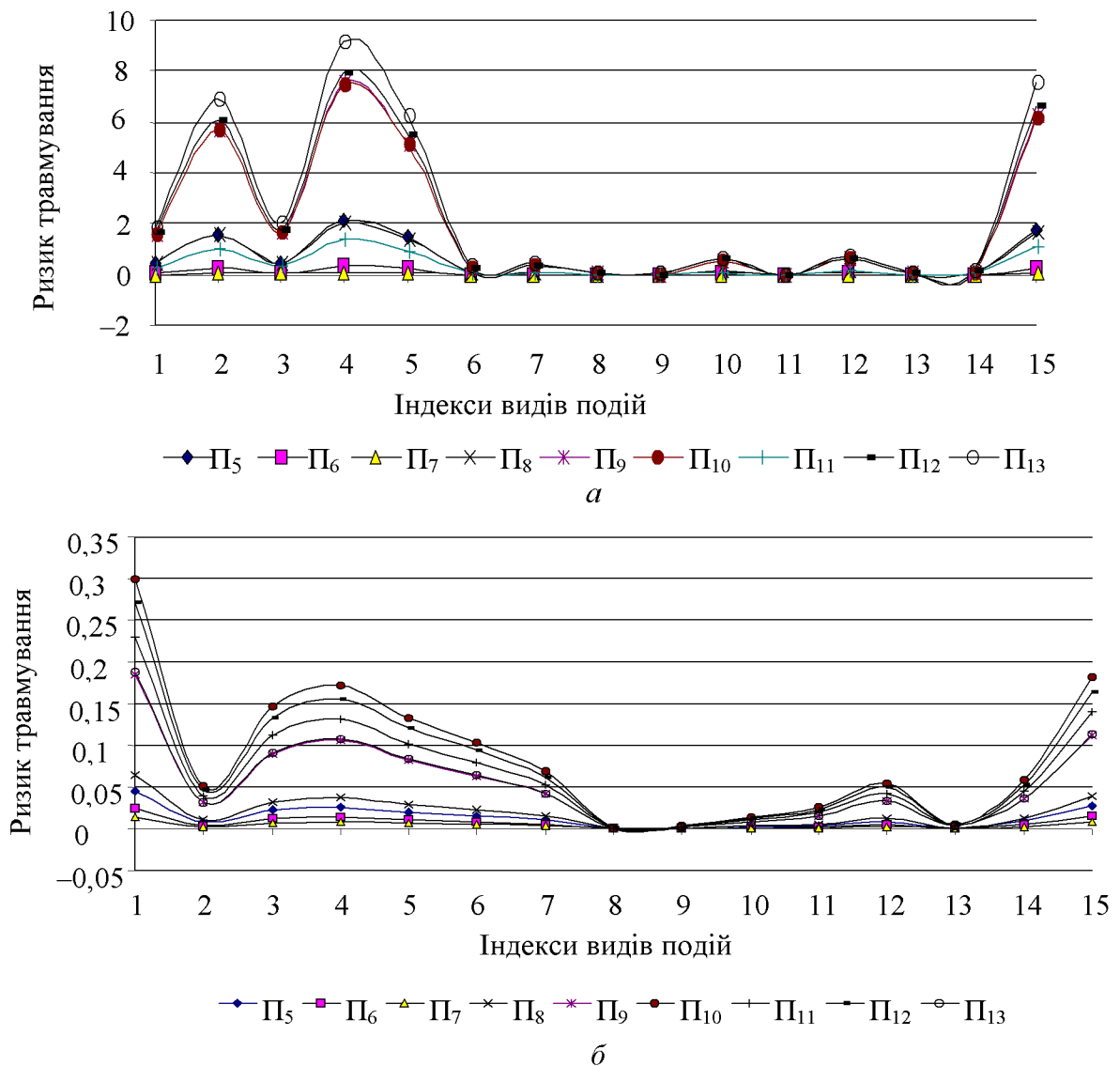


Рис. 3. Залежність ризиків травмування без смертельного наслідку (а) та зі смертельним наслідком (б) від організаційних причин для видів подій, що призвели до нещасних випадків

Аналіз впливу організаційних причин на різновиди ризиків показує, що ці причини поділяються на дві групи. Найбільший вплив на ризики травмування без смертельного наслідку від найнебезпечніших травматичних подій чинять такі причини: порушення технологічного процесу (П<sub>9</sub>), порушення при експлуатації виробничих фондів (П<sub>10</sub>), порушення трудової й виробничої дисципліни (П<sub>12</sub>), інші неідентифіковані організаційні причини (П<sub>13</sub>). Менший вплив справляють такі причини: порушення режиму праці та відпочинку (П<sub>6</sub>), недоліки з медичним обстеженням (профвідбором) (П<sub>7</sub>), порушення правил дорожнього руху (П<sub>11</sub>), недоліки з навчання (П<sub>5</sub>), відсутність або незастосування засобів індивідуального захисту (П<sub>8</sub>). Для нещасних випадків зі смертельним наслідком найбільш небезпечними є різновиди ризику, що поєднують причину – конструктивні недоліки (П<sub>1</sub>), і такі види травматичних подій: нервово-психічні перевантаження (В<sub>9</sub>), контакт з тваринами, комахами, іншим (В<sub>10</sub>), утоплення (В<sub>11</sub>), навмисне вбивство чи навмисні дії іншої особи, що призвели до травми (В<sub>12</sub>), стихійне лихо (В<sub>13</sub>).

Таким чином, запропонований у статті підхід до аналізу ризиків травмування на виробництві дозволяє об'єднати розрізнену статистичну інформацію про причини нещасних випадків на виробництві та інформацію про види подій, що призводять до травмування, в єдину систему кількісних оцінок різновидів ризику для пари причина–вид травматичної події. Такий підхід дозволяє деталізувати причинні зв'язки, закладені в офіційній статистичній інформації з питань виробничого травматизму, і більш чітко й однозначно вказати на заходи і засоби ефективної профілактики ризиків. Наведена у таблиці матриця ризиків травмування на виробництві для України загалом може застосовуватися як орієнтир для полегшення та більш точного і об'єктивного виявлення й оцінювання ризиків на робочому місці, дільниці, в цеху і на підприємстві. Результати досліджень можуть бути корисними і для галузевих, регіональних і центральних органів управління та нагляду за безпекою праці й виробничого середовища, оскільки дозволяють виявляти і відповідним чином реагувати на об'єктивно встановлені найбільш значимі небезпеки для персоналу, зайнятого на тому чи іншому виробництві.

Результати аналізу статистичної інформації показують, що перспективним являється продовження подібних досліджень з отримання матриць ризиків для основних видів економічної діяльності або груп однорідних підприємств та розроблення методів і методик застосування цих матриць у практиці всіх рівнів управління охороною праці.

1. *Лесенко Г. В.* Организация безопасности труда на производстве. – К.: Техника, 1989. – 232 с.
2. *Протоєрейський О. С., Запорожець О. І.* Основи охорони праці: Навч. посібник. – К.: НАУ, 2002. – 524 с.
3. *Белов П. Г.* Моделирование опасных процессов в техносфере: Методическое пособие. – К.: КМУГА, 1999. – 124 с.
4. *Браун Д. Б.* Анализ и разработка систем техники безопасности: (Системный подход к технике безопасности): Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1979. – 360 с.
5. *Травматизм на виробництві у 2000 і 2001 роках.* Статистичний бюлетень Держкомстату України. – К.: Держкомстат України, 2002. – 175 с.
6. *Травматизм на виробництві у 2002 році.* Статистичний бюлетень Держкомстату України. – К.: Держкомстат України, 2003. – 197 с.
7. *Травматизм на виробництві у 2003 році.* Статистичний бюлетень Держкомстату України. – К.: Держкомстат України, 2004. – 194 с.
8. *Бугір М. К.* Посібник з теорії ймовірності та математичної статистики. – Тернопіль: Підручники і посібники, 1998. – 176 с.
9. *Математика и кибернетика в экономике:* Словарь–справочник. – М.: Экономика, 1975. – 700 с.
10. *Бажин И. И.* Информационные системы менеджмента. – М.: ГУ-ВШЭ, 2000. – 688 с.