

Шифр «Безпека машинобудування»

АНАЛІЗ І ОЦІНКА НЕБЕЗПЕК У ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ
НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ І СТАН ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ У ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ	5
2. БЛОК-СХЕМА ТРАВМОНЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ У МАШИНОБУДУВАННІ	10
3. АНАЛІЗ І ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАВМОНЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ	13
4. ЛОГІКО-ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАВМОНЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ	16
5. ОЦІНКА НЕБЕЗПЕК ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У МАШИНОБУДУВАННІ	22
Висновки	26
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	27

ВСТУП

За даними державної служби статистики за останні три роки виробничий травматизм, як загальний, так летальний в Україні знижується. Поряд з цим, незважаючи на позитивну тенденцію до зниження рівня загального і смертельного виробничого травматизму, на сьогодні він є неприпустимо високий, що перевищує показники європейських країн.

Якщо оцінити кількісні показники, то проблема виробничого травматизму, або стану управління умовами та безпекою праці є досить гострою – щорічно під час виконання посадових обов'язків виробництві травмовано близько 50 тис. осіб, з яких до 1,5 тис. гинуть, більше 3,5 тис. отримують професійні захворювання. Як результат, щорічно втрачають від 2,5 до 3 млн. працездатних людино-днів, середня важкість травми сягає 25,1 людино-дня непрацездатності [1-2].

Для отримання достатньо об'єктивної картини потрібно всебічно оцінювати стан виробничого потенціалу, враховувати систематичність розвитку чи спаду виробництва. Протягом останніх років в Україні, за статистичними даними, працюють більше 3 млн. осіб в умовах, що частково чи повністю не відповідають санітарно-гігієнічним нормам, у т.ч. близько 800 тис. жінок. Практично кожний третій працівник, а у вугільній, металургійній, сільському господарстві – кожний другий працює на робочому місці у шкідливих умовах. Також, майже 22 тис. окремих категорій працівників (неповнолітні та жінки) працюють на заборонених для них операціях.

Щодо технічного забезпечення, то близько 800 тис. агрегатів, машин, механізмів, верстатів, транспортних засобів експлуатують з порушеннями вимога безпеки і гігієни праці, більше 40 тис. виробничих споруд, приміщень і будівель можуть призвести до аварій і є джерелами небезпек. Проаналізовано чинники, які спричиняють професійні захворювання, серед них найбільш

небезпечними є фізичні – вібрація і шум є джерелом 32% захворювань; забруднення повітря пилом, газами, випарами – 22%; біологічні чинники – макро- і мікроорганізми – 12%; інші – 11% (порушення ергономічних параметрів обладнання). Узагальнені матеріальні збитки від різних нещасних випадків за рік становлять 2,1-2,2 млн. грн. Через травмування за обліковий період втрачають 19-20 тис. людино-днів робочого часу. Параметри травматизму, а саме коефіцієнт частоти травматизму з розрахунку на кількість потерпілих (1000 осіб) становить 1,7-2,0, з врахування часу непрацездатності коефіцієнт важкості у межах 32-36 [1-2].

Узагальнений аналіз статистичних показників показав, що більшість нещасних випадків було через організацію робіт і операцій з недоліками - 15%; за умови порушення виробничої дисципліни - 12%; при порушеннях технологічних процесів - 10%; за значних недоліків у програмах і організації навчання з охорони праці 9%; за недоліків утримання і стану робочих місць - 7%; при порушенні вимог безпеки експлуатації транспортних засобів – 7%, за несправності чи незастосування різних засобів індивідуального захисту 7%; за погіршеного технічного стану виробничих будівель і споруд, стану виробничих майданчиків - близько 6% тощо.

Найбільш поширеними подіями, що призвели до травмування були удари деталями, заготовками під час обертання, поступового руху, падіння та ін. - 23%; інциденти падіння потерпілих з висоти - 20%; при дії екстремальних температур 11%; дорожньо-транспортні пригоди 15%; контакт з сільськогосподарськими тваринами 5%; дія небезпечних чинників стихійного лиха 3%; від ураження електричним струмом 3% та ін.

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ І СТАН ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ У ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ

У будь-якому сучасному суспільстві машинобудування є однією із найважливіших галузей виробництва, яка забезпечує виготовлення засобів виробництва і предметів праці, формує передумови для розвитку інших галузей. Аналізуючи стан безпеки праці у галузі варто окреслити види діяльності, які тут ведуть. Отже галузь включає підприємства, що виробляють готові металеві вироби, комп'ютери, іншу електронну продукцію, електричне устаткування, машини і засоби, у тому числі автотранспортні, причепи і їх різновиди, а також охоплює монтаж машин, ремонт машин, виробництво іншої продукції.

На сьогодні галузь машинобудування займає вищі сходинки за кількістю травмованих з врахуванням летальних випадків – 364 (на першому місці – соціально – культурна сфера та торгівля (958 травмованих), вугільна промисловість на другому – 752 особи травмовано, на третьому – агропромисловий комплекс – 958 травмованих) (табл. 1.1) [1-2].

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз виробничого травматизму за галузями
нагляду

Галузь нагляду	12 міс. 2018 р		12 міс. 2017 р		Різниця, + / -	
	Всього	в т.ч. "Лт"	Всього	в т.ч. "Лт"	Всього	в т.ч. "Лт"
Соціально-культурна сфера та торгівля	958	58	951	46	7	12
Вугільна	725	21	780	23	-55	-2
Агропромисловий комплекс	503	67	537	75	-34	-8
Машинобудування	364	19	335	19	28	0
Транспорт	338	88	393	65	-55	23
Будівництво	205	54	224	54	-19	0

У будь-якому суспільстві машинобудівна промисловість є фундаментом зростання економічного потенціалу, загальних досягнень господарства. Від рівня ефективності діяльності машинобудівних підприємств залежить стан соціального та економічного розвитку країни.

Аналіз травмонебезпечних і шкідливих виробничих чинників показав, що у машинобудуванні є величезна кількість змінних і постійних небезпечних зон, небезпечних об'єктів, обставин, ситуацій тощо. Серед найбільш травмонебезпечних видів робіт є операції технологічного процесу оброблення металу, допоміжні і додаткові роботи. Аналізуючи причин нещасних випадків варто зазначити, що тут переважають організаційні – від 57-68 % (організаційні недоліки стосовно праці і відпочинку, навчання та інструктажів, відсутність засобів індивідуального захисту, порушення вимог безпеки обладнання і процесів, проблеми з виробничою дисципліною та ін.). Технічні причини становлять від 11-22 % (недосконалість, низька надійність чи конструктивні недоліки технічних засобів виробництва, невідповідність технічних засобів вимогам безпеки, незадовільний технічний стан та ін.), психофізіологічні (нервові чи фізичні перевантаження, недоліки органів чуття, недостатній досвід, погіршений психофізіологічний стан, сп'яніння та ін.) – від 16-27 % від загальної кількості зареєстрованих нещасних випадків на виробництві.

Незважаючи на не значну тенденцію зниження виробничого травматизму в цілому по Україні (у порівнянні з попередніми роками), рівень травматизму в машинобудівній галузі залишається на досить високому рівні (табл.1.1). На гістограмі наочно (рис.1.1) показано динаміку виробничого травматизму в машинобудуванні [1-2].

Найпоширенішою організаційною причиною травматизму є невиконання вимог інструкцій охорони праці – 31-41 % від загальної кількості усіх травмованих осіб. Друге місце належить такому порушенню, як невиконання

посадових обов'язків (9-15 %). З психофізіологічних причин найпоширенішою є особиста необережність потерпілого – у 13,3-20 % випадків [2].

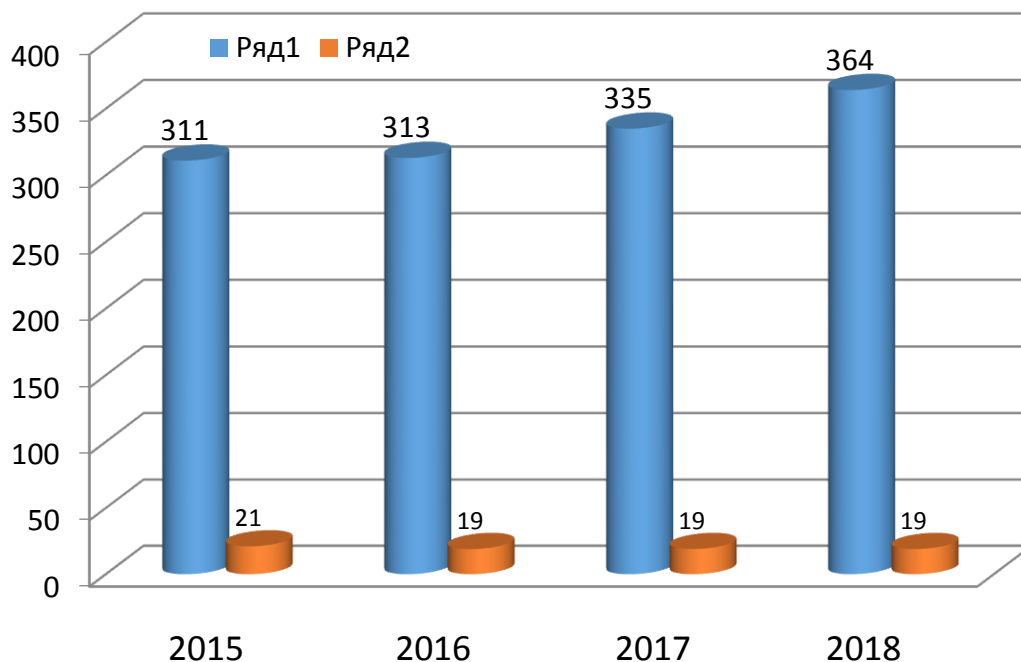


Рис.1.1. Кількість потерпілих працівників машинобудування через нещасні випадки – ряд 1; з летальним наслідком – ряд 2

Щодо кількості потерпілих працівників машинобудування, то варто зазначити, що травмування відбувалося під час операцій виробництва готових виробів з металу (КВЕД 25), виробництва комп'ютерів і оптичної продукції (КВЕД 26), виробництва електричного устаткування (КВЕД 27); під час виробництва машин і устаткування (КВЕД 28), автотранспортних засобів, причепів (КВЕД 29), а також ремонту і монтажу машин та устаткування (КВЕД 33) та частково виробництво іншої продукції (КВЕД 32) (табл. 1.2).

Щодо кількості потерпілих працівників через нещасні випадки під час операцій обробки металу, то такі операції виконують під час виробництва готових виробів з металу, під час виробництва машин і устаткування,

автотранспортних засобів, причепів, ремонту і монтажу машин та устаткування та частково виробництво іншої продукції [1-2].

Таблиця 1.2 – Пов'язаний з виробництвом травматизм у машинобудуванні (за секціями КВЕД у 2018 р.).

Діяльність	Код КВЕД -2010	Кількість нещасн. випадк., од	У тому числі			Кількість потерпілих під час групових нещасних випадків, осіб
			групові	з «Лт» наслідк.		
				усього	з них групові	
Виробництво готових металевих виробів, крім машин і устаткування	25	58	-	4	-	-
Виробництво комп'ютерів та оптичної продукції	26	6	-	-	-	-
Виробництво електричного устаткування	27	60	-	1	-	-
Виробництво машин і устаткування, н.в.і.у.	28	109	1	6	1	2
Виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів	29	27	3	-	-	15
Виробництво інших транспортних засобів	30	63	-	3	-	-
Виробництво іншої продукції	32	-	-	2	-	-
Ремонт і монтаж машин і устаткування	33	41	-	3	-	-
Разом	-	364	4	19	1	17

Динаміка нещасних випадків у машинобудуванні показує стійке зростання, відповідно до зростання промисловості. Аналогічно зростає травматизм з летальними наслідками. Для усієї галузі машинобудування протягом 2015-2018 років травматизм становить від 311 до 364 випадки, динаміка загальної кількості травмованих з смертельними наслідками є незмінною – в межах 19-21 особа, що пов'язано як з обробкою металу, так і інші роботи. Виробничий травматизм у машинобудуванні максимальний у 2018 р.

під час виробництва машин та устаткування, нещасні випадки пов'язані як з обробкою металу, так і іншими небезпечними операціями – зварювання, падіння заготовок, падіння працівників та ін. Є багато чинників які впливають на стан виробничого травматизму саме у машинобудівній галузі, але основним є людський. Контроль безпеки праці і підтримка з боку держави та діяльність органів нагляду за станом охорони праці зменшує кількість випадків травматизму. Завдяки злагодженій дії усіх зацікавлених (стейкхолдерів) у належних умовах праці можна забезпечити значне зниження показників травмування працівників. Саме розробка нових підходів, на основі міжнародного досвіду, прийняття законів органами законодавчої влади, розроблення сучасних інструкцій з охорони праці, запровадження систем запобігання травматизму дасть змогу виявити організаційні і конструктивні недоліки, запобігати їх розвитку і нейтралізувати їх негативний вплив для контролю безпечності виробництва, безпечної роботи працівників галузі машинобудування. Тобто йдеться про необхідність системного підходу і вирішення проблем виробничого травматизму на основі комплексного застосування різних методів і розробки конкретних науково-обґрунтованих рекомендацій для профілактики нещасних випадків і професійних захворювань.

2. БЛОК-СХЕМА ТРАВМОНЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ У МАШИНОБУДУВАННІ

У цехах під час виготовлення гідравлічних та пневматичних систем небезпечні ситуації періодично виникають за умови у небезпечній зоні чи миттєво утвореній збігу небезпечних умов, які виникли за наявних небезпечних чинників у обставинах, в які може потрапити працівник під час виконання робочих рухів, допущених або чужих небезпечних дій. Як результат, виникають реальні загрози здоров'ю від небезпечних чинників аварійної ситуації.

Виробничі процеси у цехах машинобудівного підприємства містять низку небезпечних обставин за наявності небезпечних чинників. Небезпечні ситуації, які постійно існують чи виникають під час робіт у цехах з виробництва чи перевірки гідросистем можна згрупувати [3-5, 7-8, 11]:

- показують стан або безпеку виробничого обладнання, верстата або робочого місця (наявність гострих ріжучих елементів, відсутність або несправність огороження робочих органів, передач крутного моменту, відсутність спеціальних блокувальних пристроїв, звукової чи світлової сигналізації тощо), несправність агрегату чи машини та ін.;

- спонукають працівника діяти неправильно чи помилятися під час операцій (недосконалий технологічний процес, недоліки будови і роботи агрегатів, що проявляються у роботі верстатів чи іншого обладнання), недостатня кваліфікація працівника, відсутність контролю з безпеки праці;

- призводять до започаткування чи виникнення інших небезпечних передумов (конструктивні недоліки пристроїв, агрегатів чи спорядження, неправильне кріплення заготовок, раптовий вихід з ладу обертової частини верстату, несправність контрольного стенда та ін.);

- безпосередньо утворюють травмонебезпечні ситуації (відсутність або несправність засобів індивідуального та колективного захисту, блокувальних і

запобіжних агрегатів, неправильна організація робочого простору, значні недоліки допоміжних пристроїв чи спорядження, неправильні і аварійні режими роботи обладнання, невідповідний інструмент та інші);

- призводять до небезпечних дій (недостатній досвід роботи чи слабкі знання працюючого щодо експлуатації обладнання чи вимог безпеки праці, низька ефективність контролю безпеки техніки під час різання чи розточування рукавів, перевірки роботоздатності гідросистем тощо).



Рис. 2.1. Аналітична блок-схема процесу утворення небезпечних, аварійних та катастрофічних ситуацій у машинобудівній галузі: небезпечний виробничий чинник (НВЧ); небезпечні умови, дії, обставини, ситуації (НУ, НД, НО, НС); аварія (А); травма (Т), критична ситуація (КС), небезпечні умови додаткові (НУ_д), небезпечні дії додаткові (НД_я), катастрофа (К).

Під час механічних робіт у цеху (точіння, свердління, обрізання, фрезерування, пресування та ін.), працівник у небезпечній зоні зі значною кількістю небезпечних чинників може допустити небезпечну дію, і як наслідок, за різних небезпечних умов, виникають небезпечні обставини (див. рис. 2.1). За розвитку подій і їх обставин може виникнути небезпечна одна або кілька небезпечних ситуацій, наслідками яких є: аварія, травма або ситуація без наслідків. За гіршого розвитку подій і дії додаткових небезпечних чинників, умов і дій утворюється катастрофа. Аварія у цеху, це пошкодження або вихід з ладу машини, верстата; катастрофа – це подія, що має тяжкі наслідки, руйнування будівель, нищення матеріальних цінностей, значні травмування групи працівників.

За такою схемою формується більшість травмонебезпечних ситуацій у машинобудуванні. Небезпечні зони у підрозділах машинобудівних підприємств бувають змінні (переміщаються у просторі) і постійні (зафіксовані стаціонарно) (рис.2.2.).

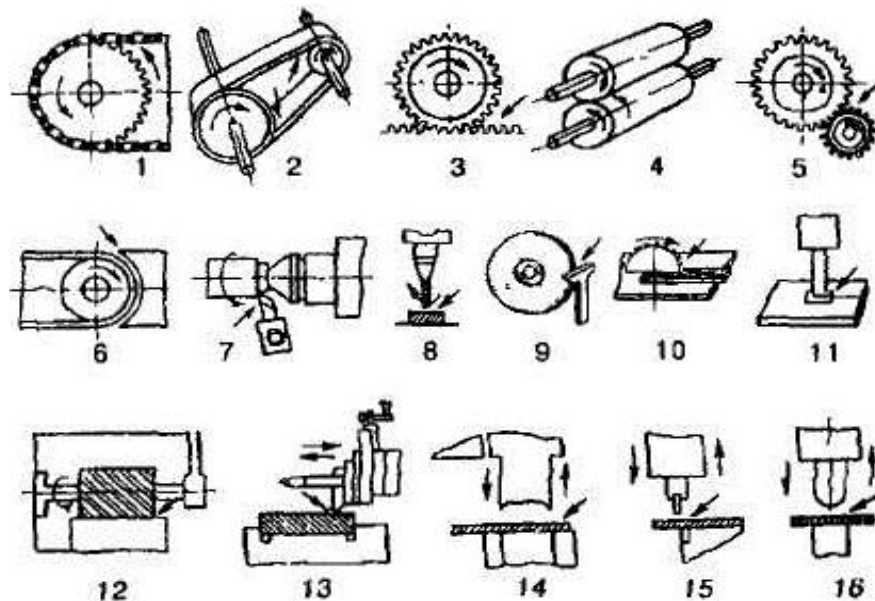


Рис. 2.2. Загальний вигляд небезпечних зон у машинобудуванні: 1 – ланцюгова передача; 2 - пасова передача; 3,5 – зубчата передача; 4 - вали; 6 - конвеєр; 7 – токарний верстат; 8 – свердління; 9 – абразивний круг; 10, 11, 15 - пила; 12 – фрезерування; 13 – поперечне стругання; 14 – штампування; 16 – гнуття.

3. АНАЛІЗ І ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАВМОНЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ

Графічне моделювання травмонебезпечних ситуацій у галузі машинобудування дає змогу встановлювати основні небезпеки і розробляти профілактичні заходи. Під час робіт у інструментальному, розбирально-складальному, механічному та інших цехах такі події, як травми чи аварії мають подібні схеми виникання. Для зручності відслідковування інформаційних та матеріальних потоків і оцінки явищ розробляють графічні схеми-моделі (див. рис. 2.1, 3.1). Розроблена графічна схема-модель небезпечної ситуації для випадку, коли небезпечна умова або дія є основними, об'єднує множину варіантів розвитку подій (рис.3.1) чи їх комбінації [10].

Наприклад, на робочому місці біля розточувального верстата є одна небезпечна умова, яка може безпосередньо призвести до небезпечної ситуації. Схема подій у цьому разі буде матиме такий вигляд: НУ → НС → Аварія, травма, або завершення без наслідків (А, Т, БН). Така схема започаткування ситуації може бути під час падіння заготовки, габаритної деталі (труби чи штока гідроциліндра) тощо.

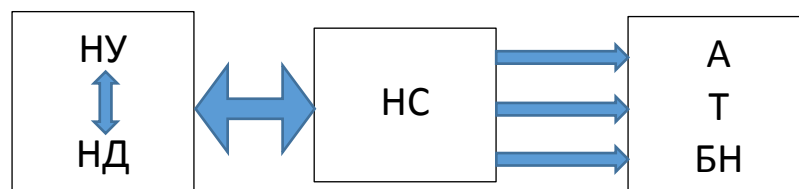


Рис. 3.1. Блок-схема взаємозв'язків у подіях виникнення небезпечної ситуації під час механічних робіт на верстатах: НУ – сума небезпечних умов; НД – сума небезпечних дій; НС – створена небезпечна ситуація; А – аварійна ситуація; Т – травмування; БН – без наслідків.

Таблиця 3.1 - Графічне моделювання небезпек у механічному цеху машинобудівного підприємства

Вид роботи, виробничий підрозділ, робоче місце	Виробнича небезпека			Можли вий наслідок	Проект заходів запобігання небезпекам
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Обрізання заготовки	Відсутність надійної опори. Несправність гідросистеми НУ ⇒	Перебування працівника у зоні робіт. НД ⇒	Падіння заготовки. НС ⇒	Травма. Т	Проводити інструктажі з безпечного виконання робіт. Контролювати стан технічних засобів.
Розбирання агрегата	Від'єднання агрегата вручну. НУ ⇒	Працівник у небезпечній зоні. НД ⇒	Падіння агрегата на працівника. НС ⇒	Травма. Аварія Т, А	Проводити інструктажі з безпеки робіт працівників. Контроль робіт керівником.
Розточування заготовки	Відсутність засобів захисту очей. НУ ⇒	Праця без засобів індивідуального захисту. НД ⇒	Розлітання стружки і попадання у працівника. НС ⇒	Травмування. Т	Організувати контроль за процесами. Забезпечення засобами індивідуального захисту.

Дослідження небезпечних умов виробничих процесів і небезпечних дій основних чи допоміжних працівників, бездіяльності керівників дають змогу виявляти заздалегідь небезпечні ситуації, які можуть виникати під час робіт у механічному цеху, при експлуатації іншого виробничого обладнання в машинобудівній галузі. За результатами досліджень будують графічні моделі небезпечних подій (табл. 3.1-3.2).

Таблиця 3.2 - Аналіз і графічне моделювання травмонебезпечних і аварійних ситуацій у цеху розбирання і складання агрегатів

Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечних ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Піднімання вантажу	У кран-балці з ладу вийшов обмежувач піднімання НУ ₁ У зоні роботи кран-балки є робочі НУ ₂	Оператор несвоєчасно натиснув кнопку «стоп» НД	Вантаж ударився до балки НС ₁ Обрив троса НС ₂ Падіння вантажу НС ₃	Травма	Організувати контроль за станом ВПМ. Не допускати у робочу зону сторонніх осіб.
Графічна схема модель процесу:	<pre> graph TD NU1[НУ₁] --> NS1[НС₁] NU2[НУ₂] --> NS2[НС₂] ND[НД] --> NS1 NS1 --> NS3[НС₃] NS3 --> NS2 NS2 --> T[T] </pre>				
Транспортування агрегату	З'єднання деталей здійснюється вручну операцій НУ	У небезпечній зоні працівник НД ₁ Переміщення агрегату з ривком НД ₂	Можливе падіння агрегату НС	Травма	Спеціальні пристрої для блокування, контроль безпеки операцій
Графічна схема модель процесу:	<pre> graph LR NU[НУ] --> ND1[НД₁] ND1 --> NS[НС] ND2[НД₂] --> NS NS --> T[T] </pre>				

Графічне моделювання дає змогу аналізувати складніші схеми аварій, встановлювати причини потенційних небезпек і вживати обґрунтованих профілактичних заходів.

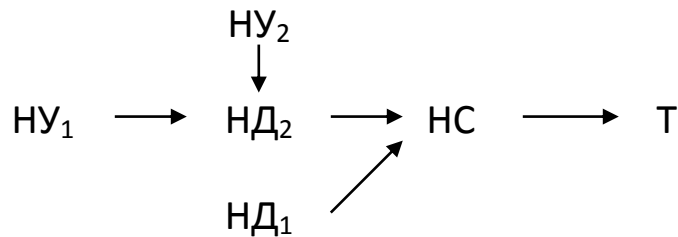


Рис. 3.2. Графічна модель небезпечної ситуації під час механічних робіт: НУ₁ і НУ₂ – небезпечні умови; НД₁ і НД₂ – небезпечні дії; НС – небезпечна ситуація; Т – травмування працівника.

Для запобігання формування небезпечних ситуацій у цехах машинобудівного підприємства пропонуємо наступні профілактичні заходи: періодичні інструктажі з безпеки праці, пропаганда безпеки праці, контроль безпечності техніки, проектів заходів з удосконалення технічних засобів безпеки та ін.

4. ЛОГІКО-ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАВМОНЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ

Логіко-імітаційне моделювання травмонебезпечних ситуацій передбачає зображення процесів формування аварій і виробничих травм (явищ, подій) відповідними символами. Усі події пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками – початкові (базові - кола), проміжні та кінцеві (прямокутники і ромби). Початкові події (умови, небезпечні дії) встановлюють експертними методами, під час обстеження об'єктів, проміжні та кінцеві встановлюють логічним аналізом варіантів подій [6-9]. За відомою методикою для умов підприємства побудуємо логіко-імітаційну модель травмування під час роботи на точильному верстаті (рис. 4.1).

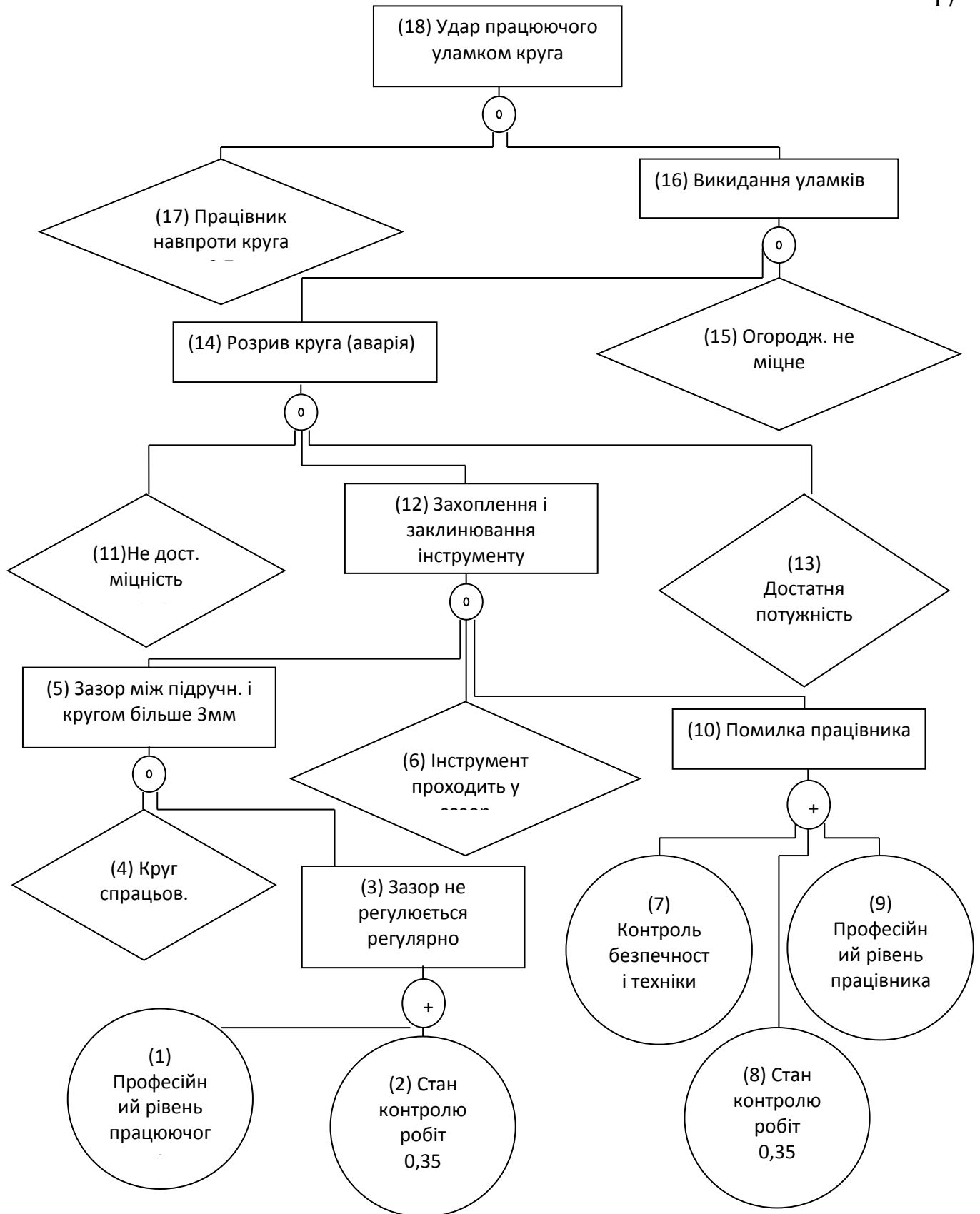


Рис. 4.1. Логіко-імітаційна модель травмування під час роботи на заточувальному верстаті.

Під час побудови моделі позначають події відповідними номерами від 1 до 18, проміжна подія 14 характеризує аварію, а подія 18 – травмування. Ймовірність P базових і проміжних нерозкритих подій визначають на основі емпіричних досліджень, даних стандартів та ін.:

$$P_1 = 0,2; \quad P_2 = 0,35; \quad P_3 = 0,4; \quad P_6 = 0,25; \quad P_7 = 0,05; \\ P_8 = 0,2; \quad P_9 = 0,35; \quad P_{11} = 0,15; \quad P_{13} = 0,2$$

Для математичних обчислень значень ймовірностей подій розробленої логіко-імітаційної моделі приймають формули булевої алгебри, відповідно можна визначити за відомими ймовірностями і їх логічним взаємозв'язком ймовірність наступної події за такими схемами [9, 11].

Для випадку, коли дві базові події ймовірностями P_1 і P_2 за оператором «І» формують наступну третю подію, її ймовірність P_3 визначають за формулою:

$$P_3 = P_1 P_2. \quad (4.1)$$

Для випадку трьох подій з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 і оператора «І» ймовірність четвертої випадкової події P_4 обчислюють за формулою:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3. \quad (4.2)$$

Для випадку n подій з ймовірностями P_1 , P_2 , P_3 , P_n і оператора «І» ймовірність останньої події P буде такою:

$$P = P_1 P_2 P_3 P_n. \quad (4.3)$$

У разі базових подій з ймовірностями P_1 і P_2 та оператора «АБО» ймовірність третьої події P_3 буде наступною:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2. \quad (4.4)$$

Якщо три базові події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 за допомогою оператора «АБО» створюють нову подію з ймовірністю P_4 , її можна визначити за такою формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3. \quad (4.5)$$

Якщо чотири і більше випадкових подій з оператором «АБО» і відомими значеннями ймовірностей утворюють нову подію, то для спрощення обчислень згруповують по дві чи три події і ймовірність визначають за формулами 4.4-4.5. Далі їх знову згруповують і аналогічно обчислюють то тих пір, поки не залишаться дві або три події, і за формулами 4.1-4.5 можна визначити результат.

Далі визначають ймовірність вихідних подій для кожного окремого розгалуження моделі у т.ч. ймовірність виникнення головної події.

За аналізованими формулами на основі розробленої моделі визначаємо ймовірність подій:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2 = 0,2 + 0,35 - 0,2 * 0,35 = 0,48;$$

$$P_5 = P_4 P_3 = 0,19;$$

$$P_{12} = P_5 + P_6 + P_{10} - P_5 P_6 - P_6 P_{10} - P_5 P_{10} + P_5 P_6 P_{10} = 0,28;$$

$$P_{14} = P_{11} P_{12} P_{13} = 0,0084.$$

Значення ймовірності виникнення аварії верстата, а саме руйнування абразивного круга $P_{14} = 0,0084$, показує, що за наявності перебігу подій у моделі, на кожен 1000 аналогічних кругів можна очікувати 8,4 аварії.

Далі продовжують розраховувати модель і визначають ймовірність травмування:

$$P_{15} = 0,2; P_{17} = 0,35;$$

$$P_{16} = P_{14} P_{15} = 0,07;$$

$$P_{18} = 0,00059.$$

Отже ймовірність травмування значно нижча (0,6 випадків на 1000), ніж ймовірність аварії, оскільки працівник на завжди стоїть навпроти у площині обертання круга, а також уламки круга можуть розлітатися у різні напрями, і їх дія ослаблена захисним огороженням і спецодягом працівника.

Аналогічно, побудуємо дерево помилок для події травмування внаслідок падіння вантажу або вантажопіднімальної машини (рис.4.2). Базові події

позначають кругами, проміжні розкриті – прямокутниками, нерозкриті – ромбами [5-6].

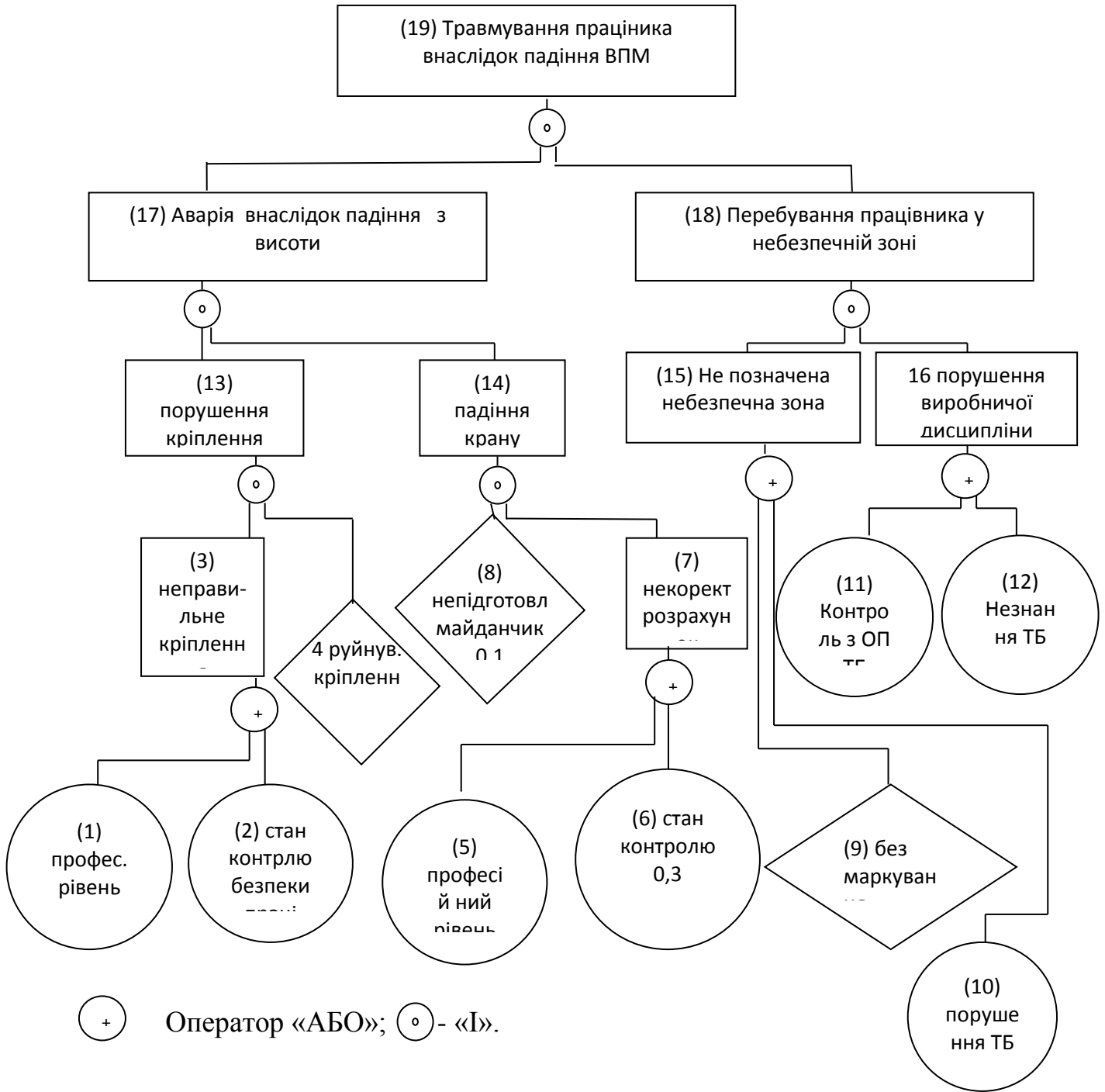


Рис. 4.2. Логіко-імітаційна модель аварії і травмування під час роботи з підймальними машинами.

Ймовірність травмування під час падіння вантажу визначають аналогічно за формулами 4.1-4.5. На основі ймовірностей базових подій ймовірності проміжних розкритих подій будуть відповідно наступними:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,15 + 0,25 - 0,15 \cdot 0,25 = 0,362;$$

$$P_7 = P_5 + P_6 - P_5 \cdot P_6 = 0,2 + 0,25 - 0,2 \cdot 0,25 = 0,4;$$

$$P_{15} = P_9 + P_{10} - P_9 \cdot P_{10} = 0,2 + 0,1 - 0,2 \cdot 0,1 = 0,28;$$

$$P_{16} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,15 + 0,3 - 0,15 \cdot 0,3 = 0,4;$$

З врахуванням оператора «І»:

$$P_{13} = P_3 \cdot P_4 = 0,36 \cdot 0,05 = 0,018;$$

$$P_{14} = P_7 \cdot P_8 = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04;$$

$$P_{18} = P_{15} \cdot P_{16} = 0,28 \cdot 0,4 = 0,112;$$

$$P_{17} = P_{13} \cdot P_{18} = 0,018 \cdot 0,112 = 0,002;$$

$$P_{19} = P_{17} \cdot P_{18} = 0,002 \cdot 0,112 = 0,00023;$$

Отже, значення ймовірності головної події – травмування становить $P_{19} = 0,00023$, а аварії $0,002$, тобто за наявності подій, що відображені у моделі, на 1000 аналогічних операцій можна очікувати 2 випадки аварії і 0,23 випадки травмування.

Аналіз логіко-імітаційної моделі (рис.4.2) уможливило висновок, що небезпечні чинники разом з небезпечними діями, умовами і обставинами призводять до порушення виробничої дисципліни, а за перебування у небезпечній зоні вантажопідіймальних машин працівників може статися нещасний випадок.

Тому для безаварійної роботи у галузі машинобудування необхідно, щоб:

- керівництво підрозділів підприємств забезпечили контроль безпечності вантажопідіймальних машин, а також створили умови безпечної роботи за рахунок організації технічних обслуговувань, вчасного ремонту, нагляду відповідно до вимог нормативів;
- час робіт підвищеної небезпеки (ремонт машин і обладнання,

піднімання вантажів, розбирання техніки, випробувальні роботи з високим тиском та ін.) повинен бути контроль посадових осіб за дотриманням працівниками вимог безпеки;

- проводили якісні інструктажі і підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу, стажування, перевірка знань вимог безпеки праці у машинобудівному підприємстві.

5. ОЦІНКА НЕБЕЗПЕК ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

Логіко-імітаційне моделювання аварійно і травмонебезпечних ситуацій дає змогу удосконалювати управління умовами і безпекою праці на основі оперативному аналізу виявлених виробничих небезпек, планування проектів заходів для зменшення небезпек до утворення травмонебезпечних ситуацій.

Математична обробка логіко-імітаційні моделі травмування працівника під час обточування деталі верстаті дає змогу вивести рівняння залежності ймовірності головної події «удар працюючого уламком круга» від ймовірностей базових подій (X – стан контролю робіт):

$$P_{18} = 0,00046X + 0,00014; \quad (5.1)$$

Аналіз рівняння показує, що за значного покращення контролю безпеки праці ($X = 0$, $P_{18} = 0,00014$) ймовірність головної події знижується більше ніж у 3 рази, а за погіршення контролю небезпека зростає ($X = 1$, $P_{18} = 0,0006$), відповідно ймовірність головної події зростає у 2,1 рази.

Аналогічно отримаємо математичну модель ймовірності головної події від ймовірності базової «професійний рівень працівника»:

$$P_{18} = 0,00006Y^2 + 0,00005Y + 0,00019. \quad (5.2)$$

Відповідно, вплив професійного рівня працівника (Y), за умови $Y = 0$, $P_{18} = 0,00029$, за $Y = 1$, $P_{18} = 0,0004$.

Отже за погіршення стану професійного рівня працівника підвищується

ймовірність травмування майже в 1,5 рази, за удосконалення професійного рівня працівника ймовірність травмування знижується.

Аналогічно отримуємо математичну модель впливу конструктивних недоліків – зазору між опорою і абразивним кругом на ймовірність травмування. Для цього подію 5 (рис.4.1) позначають через Z і після обчислень отримують рівняння:

$$P_{18} = 0,00155Z. \quad (5.3)$$

За $Z = 0$, $P_{18} = 0$. Тобто, за мінімальних значеннях зазору з цієї причини травмування не буде, а за $Z = 1$, $P_{18} = 0,00155$ – небезпека зростає значно.

Графік залежності головної події «удар працюючого уламком круга» залежно від змінних параметрів базових і проміжних подій показано на (рис. 5.1).

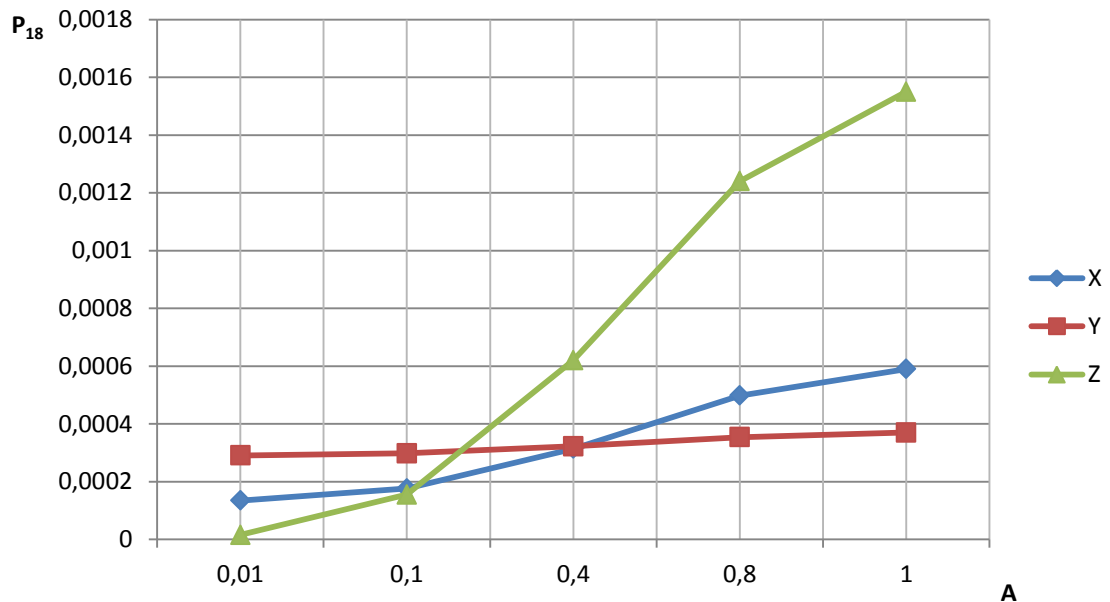


Рис. 5.1. Залежність ймовірності травмування під час роботи на точильному верстаті від змінних величин: P - ймовірність травмування; A - ймовірність базових/проміжних подій; X - стан контролю; Y – професійний рівень працівника; Z – порушення безпеки (збільшення зазору) верстата.

Аналогічно проведемо математичну обробку логіко-імітаційної моделі травмування від падіння вантажу або крана. Для дослідження впливу окремих базових і проміжних подій на процеси започаткування і виникнення головної події, розглянемо схему розвитку ситуації на моделі (рис.4.2) і оцінимо вплив базової події P_1 «професійний рівень працюючого» на головну подію «травма від падіння вантажу». Базову подію позначимо змінною X , як невідому і далі від низу до верху обчислюємо ймовірності подій аналогічно до попередньої моделі. Значення ймовірностей інших подій залишимо, як при попередніх розрахунках і отримаємо рівняння:

$$P_{19} = 0,00029X + 0,00012. \quad (5.4)$$

Результатами обчислень показали, що $X = 0$, $P_{19} = 0,00012$, а при $X = 1$, $P_{19} = 0,00041$, отже за значного покращення знань з безпеки праці можна знизити ймовірність настання головної події травмування, а у разі гірших знань (ймовірність буде наближатись до 1), ймовірність травмування зростає у 3 рази.

Аналогічно встановлюють вплив параметра P_{11} «контроль з безпеки праці» на ймовірність травмування працівника. Позначають подію 11 як невідому Y . Після обчислень отримують рівняння:

$$P_{19} = 0,00018Y + 0,00012. \quad (5.5)$$

Рівняння показує, що за погіршення контролю підвищується ймовірність головної події, а за поліпшення контролю безпечності техніки ($Y = 0$), ймовірність травмування знизиться у 2,5 рази.

Для оцінки впливу події P_{10} «недотримання вимог з безпеки праці» на травмування позначають її як невідому величину Z і після обчислень одержують рівняння:

$$P_{19} = 0,0005Z + 0,00014. \quad (5.6)$$

Аналіз рівняння показує, якщо дотримуватися вимог безпеки праці, то можливість травмування зменшується більш ніж у 4 рази, за інших умов, при порушеннях ймовірність травмування зростає.

Графік залежності головної події – травмування від ймовірностей базових подій під час вантажопіднімальних робіт показано на рис. 5.2.

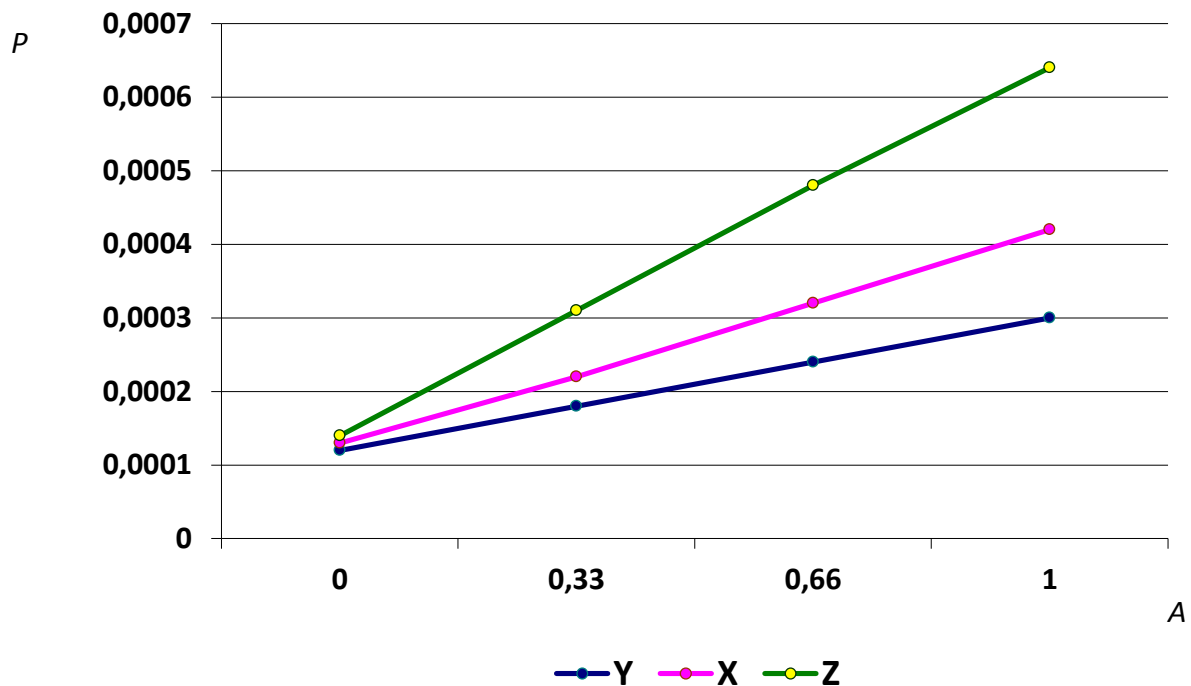


Рис. 5.2. Вплив ймовірності травмування вантажопіднімальними машинами від базових подій: P – ймовірність травмування; A – ймовірність базових подій; X – фаховий рівень працівників; Y – стан контролю безпеки праці; Z – недотримання вимог безпеки.

Математична обробка моделей формування травмонебезпечних ситуацій як для робіт у механічному цеху, так і для робіт у дільниці розбирання і складання машин, показала, що для зниження виробничого травматизму працівників є потреба удосконалювати управління умовами та безпекою праці. Зокрема особи, відповідальні за стан безпеки у підприємстві повинні періодично і своєчасно виявляти небезпечні дії, умови та обставини, аналізувати і вживати заходів для їх зменшення чи усунення. Потребують удосконалення система контролю, навчання, управління безпекою обладнання і споруд, інформування та ін.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження показали, що галузь машинобудування є у лідерах за кількістю травмованих. Аналіз травмонебезпечних виробничих чинників показав, що у машинобудуванні є багато змінних та постійних небезпечних зон, небезпечних умов, обставин та ситуацій, що призводять до аварій і травмувань. Найбільш травмонебезпечними видами робіт є гаряче і холодне оброблення металу, транспортні операції, допоміжні слюсарні роботи, ін.

2. Аналіз причин травмувань показав, що найбільше організаційних недоліків – 58-68 % (недостатність інструктажів, несправність і відсутність засобів індивідуального захисту і ін.); з технічних причин 18-22 % травмованих (низька надійність, недоліки конструкції технічних засобів безпеки праці та ін.), через психофізіологічні причини, у т.ч. нервові чи фізичні перевантаження, недостатній досвід чи стан здоров'я потерпіли 17-27 %.

3. Удосконалено аналітичну блок-схему формування та розвитку небезпечних та аварійних ситуацій і катастроф у галузі машинобудування. Розроблено графічні моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій у машинобудуванні. Розроблені логіко-імітаційні моделі травмонебезпечних ситуацій під час ремонту техніки у дільниці цеху і робіт у механічному цеху. Визначено ймовірності виникнення аварій і травмування від 0,00023 до 0,00059, що характеризує і оцінює події, відображені у моделях. Відповідно на кожну 1000 випадків робіт можна очікувати від 0,23 до 0,59 аварій. Крім цього, показано що під час піднімальних робіт значення ймовірності дещо вище і характеризує, що за наявності подій моделі, на кожну з 1000 аналогічних робіт може статися від 2 до 8 аварій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Статистичні дані виробничого травматизму за галузями у 2016-2018 рр. URL: <http://dsp.gov.ua/статистичні-дані-виробничого-травма-2/> (дата звернення: 20.11.2019).
2. Травматизм на виробництві в Україні. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 15.11.2019).
3. Котов Є. В. Механізм формування та реалізації державного управління охороною праці / Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.02.03 / Є.В. Котов; НАН України. Ін-т економіки пром-сті. Донецьк, 2002. 20 с.
4. Лесенко Г. Розробка та впровадження СУОП на підприємстві // *Охорона праці*. №6 (108). 2003. С. 36-39.
5. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання травматизму у сільському господарстві. К.: Урожай, 1993. 272 с.
6. Панченко І. В. Соціально-економічне управління умовами та охороною праці на промисловому підприємстві: Дис... канд. наук: 08.09.01 2007. 193 с.
7. Пістун І.П. Охорона праці на автомобільному транспорті: *навчальний посібник* / Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Львів: Тріада плюс, 2009. 320 с.
8. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці: *Навчальний посібник*. За заг. ред. к.т.н. І.П.Пістуна. Суми: Університетська книга, 2000. 297 с.
9. Ревенко Н. Г., Левчук К. О. Менеджмент охорони праці: *навч. посібн.* Кам'янське: ДДГУ, 2015. 236 с.
10.

Шифр

 Удосконалення функції контролю безпеки праці. *Студентська молодь і науковий прогрес в АПК*: тези доп. Міжнар. студ. наук. форуму, (17-19 вер. 2019 р.). Львів, 2019. С. 369.
11. Яремко З.М., Тимошук С.В., Третяк О.І., Ковтун Р.М. Охорона праці: *Навч. посіб.* Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2010. 69 с.

АНОТАЦІЯ

Актуальність теми. Дослідження показали, що галузь машинобудування є у лідерах за кількістю травмованих після соціально-культурної сфери та торгівлі (958 осіб травмованих), вугільної промисловості – 752 особи та агропромислового комплексу – 503 особи. Аналіз травмонебезпечних виробничих чинників показав наявність у машинобудуванні великої кількості змінних та постійних небезпечних зон, травмонебезпечних передумов, небезпечних обставин та ситуацій, що призводять до аварій і травмувань. Найбільш травмонебезпечними видами робіт є гаряче і холодне оброблення металу, транспортні операції, допоміжні слюсарні роботи, інші процеси. Аналіз причин травмувань показав, що найбільше організаційних недоліків – 58-68 % (проблеми організації режимів праці і відпочинку, формалізація навчання та недостатність інструктажів, несправність і відсутність засобів індивідуального захисту тощо; з технічних причин 18-22 % травмованих (низька надійність, недоліки конструкції технічних засобів безпеки праці – запобіжних, огорожувальних, блокувальних, невідповідність технічних агрегатів вимогам безпеки та ін.), через психофізіологічні причини, у т.ч. нервові чи фізичні перевантаження, недостатній досвід чи стан здоров'я потерпіли 17-27 % від загальної кількості травмованих на виробництві.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення управління умовами та безпекою праці у підприємствах галузі машинобудування і на основі моделювання травмонебезпечних ситуацій.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано і вирішено ряд наукових завдань, що включають:

- 1) Дослідження і порівняльний аналіз і стан виробничого травматизму у галузі машинобудування;
- 2) Блок-схему травмонебезпечних ситуацій у машинобудуванні;
- 3) Аналіз і графічне моделювання травмонебезпечних ситуацій у галузі машинобудування;
- 4) Логіко-імітаційне моделюванням травмонебезпечних ситуацій;
- 5) Оцінка небезпек виробничих процесів у машинобудуванні.

Методи дослідження: У роботі використані методи: узагальнення, системного аналізу та синтезу сукупної дії складових елементів процесу формування травмонебезпечних ситуацій.

Загальна характеристика наукової роботи. Структурно робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг – 27 стор., кількість рисунків – 9, таблиць 3, використаних джерел – 11.

Ключові слова: машинобудування, травматизм, безпека, моделювання, безпека.