

9. Криворожский НИИ гигиены труда и профзаболеваний/ Анализ професиональной заболеваемости рабочих металлургической и горнодобывающей промышленности Украины за 1992 год и рекомендации по ее профилактике // Кривой Рог, 1993 год – 76с.

10. Медична енциклопедія / [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://dic.academic.ru>

11. Вибрационная болезнь / [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://www.eurolab.ua>

12. **Dhillon.B.S.** Mine safety. // A Modern Approach. Ottawa, Ontario, March 2010

13. **Муртонен М.** Оценка рисков на рабочем месте- практическое пособие. Тампере, 2007 (Опыт Финляндии. Субрегиональное бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии – Москва, 2007

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 622.8:614.8:005

О.Є. ЛАПШИН, А.О. ГУРІН, О.О. ЛАПШИН, доктори техн. наук, професори,
Б.М. РАДІОНЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ У ГІРНИЦТВІ

Статтю присвячено підвищенню ефективності управління ризиками в сфері охорони праці та зменшенню виробничого травматизму на гірничодобувних підприємствах. Проаналізовано нормативно-правову базу ефективної охорони праці та посадові обов'язки адміністративно-технічного персоналу в гірництві. Описано сучасні підходи в сфері управління ризиками, наближені до світових стандартів. Задля зменшення ризику нещасних випадків, травматизму та виникнення аварій, з-поміж різноманітних підходів, надається перевага інноваційним технологіям, що передбачають створення систем моніторингу стану пустот і геомеханічного стану масивів гірських порід Кривбасу, а також уніфікованій телекомунікаційній системі диспетчерського контролю і автоматизованого управління гірничими машинами і технологічними комплексами (УТАС). Проаналізовано нормативно-правову базу ефективної охорони праці та посадові обов'язки адміністративно-технічного персоналу в гірництві. Розглянуто питання управління охороною праці на рівні гірничих підприємств шляхом складання планів ліквідації аварій (ПЛА) та розроблення методики оцінки ризику небезпеки на об'єктах гірництва. Стаття визначає необхідність впровадження методології управління ризиками з метою зниження ймовірності настання небезпечних подій, яка має бути взята за основу всіх превентивних заходів в системі Держгірпромнагляду.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Незважаючи на чисельні заходи щодо підвищення безпеки праці в гірництві, рівень травматизму на гірничих підприємствах залишається високим.

Травматизм завдає значної матеріальної і моральної шкоди. Значна роль в підвищенні безпеки праці належить діяльності фахових спеціалістів з охорони праці в гірництві, які зобов'язані розробляти і впроваджувати більш ефективні методи управління охороною праці на рівні світових стандартів.

Виходячи з таких обставин, підвищення ефективності управління охороною праці на підприємствах в гірництві та оцінка ризику травматизму на науковій основі є актуальним завданням спеціалістів в гірничій промисловості.

Аналіз досліджень і публікацій. Найбільш вагомий внесок в галузі управління охороною праці внесли роботи докторів техн. наук, професорів Гогіташвілі Г.Г., Гогунського В.Д., Ткачука К.Н., Романчука А.А.

В їхніх роботах описані сучасні підходи і міжнародний досвід щодо управління охороною праці, детально висвітлено підхід OHSAS (системи управління гігієною та безпекою праці). Втім, у роботах вищезазначених науковців, не приділено достатньо уваги управлінню охороною праці в гірничо-металургійному виробництві, як найбільш техногенно-небезпечному, з огляду на рівень виробничого ризику та аварій.

Постановка завдання. Впровадження сучасних методів управління ризиками в сфері охорони праці на гірничих підприємствах за світовими стандартами.

Викладання матеріалу та результати. У теперішній час охорона праці в гірничій галузі опрацьовується і функціонує в межах підприємств всіх форм власності.

Власники гірничих підприємств несуть повну відповідальність за створення безпечних умов праці для працюючих, а також за випадки виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій на виробництві. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципі пріоритету життя і здоров'я працюючих по відношенню до результатів виробничої діяльності.

Законодавством передбачено використання економічних методів управління охороною праці, промисловою безпекою та охороною навколишнього природного середовища, виконання вимог нормативно-правових актів з охорони праці та пожежної безпеки незалежно від форм власності гірничого підприємства [1].

З метою комплексного розв'язання проблем у сфері охорони праці, формування сучасного безпечного та здорового виробничого середовища, мінімізації ризиків виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій на виробництві затверджено Загальнодержавну соціальну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки [2]. Виконання Програми дасть змогу мінімізувати ризики виробничого травматизму, професійних захворювань та аварій на виробництві.

Ефективність виконання Програми забезпечується шляхом оптимізації матеріально-технічних, фінансових, трудових витрат, спрямованих на поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища.

Зокрема, в гірництві передбачається застосування інноваційних технологій у сфері охорони праці та промислової безпеки: розроблення техніко-економічного обґрунтування, створення геоінформаційної системи моніторингу стану пустот і геомеханічного стану масивів порід «ГІС-Кривбас», а також постійно діючої тривимірної геолого-маркшейдерської та тектонічної моделі Кривбасу [3].

Серед радіоелектронної продукції, призначеної для комплектування систем комплексної безпеки загальношахтної системи – уніфікованої телекомунікаційної системи диспетчерського контролю і автоматизованого управління гірничими машинами і технологічними комплексами (УТАС) [4].

До цієї системи входять датчики контролю навколишнього середовища шахти: датчики метану, кисню (двоокису) вуглецю, кисню, водню, сірководню, граничних і неграничних вуглеводнів, швидкості повітряного потоку, температури навколишнього середовища для контролю параметрів довкілля і стану гірничошахтного обладнання на всіх дільницях шахти.

Датчики і пристрої можуть застосовуватися на шахтах будь-якої категорії небезпеки по газу і пилу, які адаптовані на будь-якому вітчизняному та іноземному обладнанні і широко застосовуються на вугільних шахтах України (60 000 датчиків і пристроїв), а річними програмами розвитку гірничих робіт гірничорудних підприємств передбачається проектування УТАС на шахтах Кривбасу.

Система УТАС може включати в себе наступні підсистеми, орієнтовані на управління і контроль всіх технологічних дільниць шахти: параметрами навколишнього середовища шахти; транспортного ланцюга (конвеєри, бункери, живильники та інші) від вибою і до стволу шахти; керування роботою вентиляторів місцевого провітрювання; параметрами видобувних і прохідницьких комплексів; параметрами дегазації; високовольтними розподільчими пристроями; установками головного водовідливу; вентиляторів головного провітрювання; технологічним комплексом навантаження вугілля (руди); керування роботою поверхневих об'єктів.

Ці системи розпізнають і прогнозують виникнення попередніх і аварійних ситуацій на початкових стадіях, шляхом безперервного контролю параметрів роботи гірничошахтного обладнання і навколишнього середовища для вирішення завдання підвищення рівня безпеки комплексно і в повному обсязі для всього технологічного циклу шахти. Керівний персонал шахти бачить всі процеси, які відбуваються на гірничошахтному обладнанні і в шахтних виробках в реальному часі, у вигляді мнемосхем і на моніторі у себе в кабінеті.

Перевагою таких систем є те, що вони здійснюють випереджувачий контроль параметрів навколишнього середовища і роботи гірничошахтного обладнання всіх дільниць шахти, і на базі даних, які постійно накопичуються і обробляються, приймаються рішення з керування обладнанням, тобто попереджують появлення аварійних ситуацій.

Перевагою системи УТАС є і те, що вона є відкритою системою, тобто під час виникнення необхідності розширення функцій або доукомплектування її новими пристроями, це не викли-

кас ніяких технічних ускладнень. Всі датчики і пристрої виконані на сучасній елементній базі у вибухо- та іскробезпечному виконанні, мають сучасний дизайн, малі габарити і вагу, не мають інших вітчизняних аналогів, а з урахуванням адаптованості до специфічних умов експлуатації у вітчизняних шахтах – і в світі [4,5].

Серед заходів з поліпшення умов і гігієни праці передбачається визначення ризику виникнення випадків виробничого травматизму і професійних захворювань на підприємствах залізничної, металургійної та гірничодобувної промисловості. В роботі з управління охороною праці на гірничих підприємствах необхідно керуватися наступними нормативно-правовими документами:

Закон України «Про охорону праці»;

Кодекс законів України про працю;

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»;

Гірничий закон України та прийняті відповідно до них нормативно-правові акти.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці [1].

Проблемою в системі менеджменту охорони праці на гірничих підприємствах є те, що вона побудована на принципах реагування на небезпечні випадки, що вже трапились, а не на принципах «попереджуючих дій», що не дозволяє визначити найбільш важливі і першочергові профілактичні заходи з охорони праці. Такий підхід призводить до нераціонального розподілу і витрат часу, матеріальних і фінансових ресурсів, які виділяються на охорону праці відповідно до вимог законодавства.

Управління ризиками націлює охорону праці на небезпечні ситуації, не дозволяючи їм перетворюватися в небезпечні події.

Методологія управління ризиками, метою якої є зниження ймовірності настання небезпечних подій, повинна бути взята за основу всіх превентивних заходів в умовах складної політичної ситуації та у зв'язку з обмеженням наглядової діяльності територіальних управлінь Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки.

Ситуація наразі ускладнюється соціальною напруженістю, коли працівники гірничих підприємств нехтують власною безпекою під час виконання своїх обов'язків, саме тому важливим є пропаганда безпечної праці. В теперішніх реаліях безпека виробництва та гірників залежить від належного здійснення відомчого нагляду на гірничих підприємствах. Питання охорони праці потребують постійного контролю роботодавця.

Важливим інструментом в справі управління охороною праці є Закон від 05.06.2014р «Про стандартизацію», який прийнятий з метою удосконалення правових та організаційних засад національної системи стандартизації та приведення її у відповідність з європейською моделлю. Він передбачає створення нової національної системи стандартизації, що відповідатиме сучасним вимогам, зокрема створенню організаційних форм діяльності у сфері стандартизації відповідно до міжнародної та європейської практики.

Відповідно до цього Закону, метою стандартизації є забезпечення охорони життя та здоров'я працівників. Вдосконалюються також процедури видачі документів дозвільного характеру, оформлених центральними органами виконавчої влади «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо скорочення кількості документів дозвільного характеру» від 09.04.2014 № 1193-VII та «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності». Разом із цими документами в частині третій статті 21 Закону України «Про охорону праці» доповнено змістом «Одержання дозволу не вимагається у разі застосування устаткування підвищеної небезпеки, яке прийнято в експлуатацію з видачею відповідного сертифікату або щодо якого зареєстровано декларацію про готовність до експлуатації, а також у разі реєстрації машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці».

Відповідно до цього принципу видача (переоформлення, видача дублікатів, анулювання) документів дозвільного характеру суб'єктам господарювання, реєстрація декларацій здійснюється у визначеному законодавством порядку виключно через дозвільний центр.

Зазначені зміни базових норм актів спонукали Державну службу гірничого нагляду та промислової безпеки України опрацювати проект положення про Службу та опрацьовувати зміни до «Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 р. № 1107 [6].

Необхідно абсолютно точно визначити найбільш вразливі підприємства, виробничі об'єкти та робочі місця з огляду на аварії та нещасні випадки, що на них сталися. І саме на них концентрувати свої зусилля. Тому знову постає питання про необхідність активної пропаганди та поступового впровадження системи оцінки виробничих ризиків. З іншого боку, до суб'єктів перевірок необхідно відноситися максимально толерантно, діяти виключно в межах чинного законодавства, професійно та кваліфіковано.

Для досягнення широкого впровадження методів управління у сфері охорони праці на гірничорудних підприємствах є актуальним і доцільним формування робочих груп з представників центральних органів влади, бізнесу, наукових працівників і провідних експертів у сфері систем менеджменту. Це одна з головних задач.

У той же час є актуальним проведення науково-практичних конференцій, на яких обговорюватимуться злгоденні питання теорії і практики впровадження в управлінські системи менеджменту охорони праці і промислової безпеки на вітчизняних підприємствах з урахуванням кращих світових практик з оцінки і управління ризиками. Цей досвід цікавий і дуже необхідний підприємствам гірничо-металургійного комплексу, оскільки оцінка ризиків в усьому світі визнана найбільш ефективним інструментом в контексті запобігання виробничих аварій і травматизму. Очевидним є факт, що запобігати можливі гірничі аварії і травмування працівників набагато дешевше, ніж ліквідувати їх наслідки.

Отже, методологія управління ризиками, метою якою є зниження ймовірності настання небезпечних подій, взята за основу всіх світових стандартів у сфері систем менеджменту екології і охорони праці. Нагальною є потреба вирішення питань щодо впровадження методів управління ризиками в сфері охорони праці на підприємствах гірничо-металургійного комплексу.

Щодо забезпечення безпеки експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки, у тому числі і гірничо-металургійного комплексу набуто певний вітчизняний досвід.

В Україні під час складання декларації безпеки виробничого об'єкта здійснюється дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення аварії на виробництві з урахуванням: підстав для застосування фізико-математичних моделей і методів розрахунку; підстав для обрання сценаріїв виникнення та розвитку аварій; правильності та достовірності виконаних розрахунків рівня ризику і оцінки наслідків аварій; повноти врахування факторів, що впливають на кінцеві результати для обґрунтованості результатів; дослідження ступеню небезпеки та оцінки рівня ризику та обґрунтованості та достатності рішень, прийнятих на основі аналізу рівня ризику, для зниження його до прийнятної величини, готовності до дій з локалізації і ліквідації наслідків аварій у вигляді експертного висновку.

Експертний висновок повинен бути конкретним, об'єктивним, аргументованим і доказовим, з зазначенням назви розділу документу, сторінки та пункту, щодо змісту якого вони робляться і супроводжуються посиланнями на вимоги відповідних нормативних документів та у разі потреби на науково-технічні і довідкові видання.

Результатами аналізу ступеню небезпеки та оцінки рівня ризику є: умови виникнення та розвитку імовірних аварій, перелік факторів і основних причин, що сприяють виникненню та розвитку аварій; найменування та сумарна маса небезпечних речовин, що спричинять аварії; розміри імовірних зон дії виражальних факторів; стислий опис сценаріїв імовірних аварій з урахуванням умови їх виникнення та розвитку; перелік моделей і методів розрахунку, що застосовуються під час дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику; дані про ступінь небезпеки та рівень ризику, а також ймовірність заподіяння шкоди населенню та довкіллю, очікувані збитки [7].

Вітчизняним законодавством визначені правові, економічні, соціальні та організаційні основи діяльності, пов'язані з об'єктами шляхом запобігання їх виникненню, обмеження (локалізації) розвитку і ліквідації наслідків.

Об'єкт підвищеної небезпеки визначається у вітчизняному законодавстві як об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або

кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки здійснюється за порядком визначення об'єктів підвищеної небезпеки серед потенційно небезпечних.

Таким чином, відповідно до вимог законодавства адміністративно-технічний персонал зобов'язаний: вживати заходів, направлених на запобігання аваріям, обмеження і ліквідацію їх наслідків та захист людей і довкілля від їх впливу; повідомляти про аварію, що сталася на об'єкті підвищеної небезпеки, і заходи, вжиті для ліквідації її наслідків, органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування та населення; забезпечувати експлуатацію об'єктів підвищеної небезпеки з додержанням мінімально можливого ризику; виконувати вимоги законодавства та інших нормативно-правових актів, які регулюють діяльність об'єктів підвищеної небезпеки.

Ці посадові особи також ідентифікують об'єкти підвищеної небезпеки відповідно до кількості порогової маси небезпечних речовин, які встановлюються Кабінетом Міністрів України. Кабінет Міністрів України визначає порядок ідентифікації, форму та зміст оповіщення про її результати і на основі ідентифікаційних даних затверджує класифікацію об'єктів підвищеної небезпеки і порядок їх обліку. Власник підприємства готує і подає до місцевих органів виконавчої влади декларацію об'єкта підвищеної небезпеки.

Відповідальність адміністративно-технічного персоналу (суб'єкт господарювання) за стан охорони праці на підприємстві полягає в наступному. Суб'єкт господарювання несе відповідальність за достовірність даних, наведених у декларації безпеки.

Порядок розроблення декларації безпеки, її зміст, методика визначення ризиків та їх прийнятні рівні встановлюються Кабінетом Міністрів України. Подання декларації безпеки або іншої звітної документації не звільняє суб'єктів господарської діяльності від державного нагляду і контролю за їх діяльністю.

У порядку реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру суб'єкт господарської діяльності, а також підприємства, установи гірничо-металургійного комплексу одночасно з розробленням декларації безпеки розробляють і затверджують план локалізації і ліквідації аварій для кожного об'єкта підвищеної небезпеки, який вони експлуатують або планують експлуатувати.

Категорії аварій на об'єктах підвищеної небезпеки залежно від їх наслідків визначає Кабінет Міністрів України. Ці плани погоджують центральні органи виконавчої влади, що забезпечують формування та реалізують державну політику у сферах цивільного захисту, пожежної і техногенної безпеки.

Плани локалізації і ліквідації аварій переглядаються кожні 5 років, а також і до закінчення 5 років з дати його розроблення у разі: змін в умовах діяльності суб'єкта господарської діяльності незалежно від їх причин, що призводять до необхідності зміни відомостей, які містяться у плані локалізації і ліквідації аварій; внесення змін до чинних або прийняття нових нормативно-правових актів, що впливають на зміст плану; висунення обґрунтованих вимог щодо плану органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування [8].

Порядок проведення аналізу небезпеки та оцінки ризику об'єктів підвищеної небезпеки визначає відповідна методика [9], що встановлює методичні принципи, терміни і поняття аналізу ризику, визначає критерії прийнятних ризиків та їх рівні.

Ця методика призначена для: розробки декларації безпеки об'єктів підвищеної небезпеки; прийняття рішень щодо розташування та експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки; розробки заходів щодо запобігання аварій та підготовки до реагування на них; визначення обсягу відповідальності та страхових тарифів при страхуванні цивільної відповідальності суб'єктів господарювання за шкоду, що може бути заподіяна аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки відповідно до вимог законодавства.

Аналіз небезпеки й оцінка ризику виконується в повному обсязі для об'єктів підвищеної небезпеки першого класу відповідно до Методики. Для об'єктів підвищеної небезпеки другого класу визначаються тільки масштаби небезпеки.

Методика може застосовуватися також для оцінки рівня ризику й експертизи рішень з безпеки потенційно-небезпечних об'єктів, у тому числі під час: розробки нових технологій та

конструювання обладнання; проектування та розташування нових виробництв; реконструкції діючих виробництв; експертизи діючих виробництв і тих, що реконструюються та проектуються; розробки планів локалізації та ліквідації аварій; організації страхового захисту майна підприємств; розгляду конфліктів між суб'єктом господарювання, що експлуатує чи планує експлуатацію потенційно небезпечного об'єкту, та будь-якими зацікавленими сторонами, для яких аварії на об'єктах підвищеної небезпеки можуть мати негативні наслідки [10].

Висновки і подальший напрямок досліджень. Удосконалення системи управління охороною праці на гірничих підприємствах здійснюється шляхом підвищення діяльності відомчого нагляду і громадського контролю за її станом в межах державної політики щодо підвищення безпеки, гігієни праці і виробничої санітарії.

З метою комплексного розв'язання проблеми в сфері охорони праці на гірничих підприємствах, формування сучасного безпечного та здорового виробничого середовища передбачається підвищення діяльності структурних підрозділів з охорони праці шляхом впровадження механізму економічного стимулювання роботодавців і персоналу. Підвищення культури виробництва та загального рівня охорони праці на гірничих підприємствах досягається шляхом розроблення і впровадження сучасних технологій. Зменшення ризиків виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій досягається за рахунок профілактичних заходів.

Список літератури

1. Закон України «Про охорону праці». К.: Основа. 2004 – с. 28, 29.
2. Загальнодержавна соціальна програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки. Відомості Верховної Ради України. К.: 2013. - С. 112.
3. **Спирин В.Ф.** УТАС: уверенные шаги вперед / **В. Ф. Спирин** // Технополис. – Дн-ск.: - 2014. – № 208. – С.14-19.
4. **Спирин В.Ф.** УТАС – новый уровень впровадження. УТАС: уверенные шаги вперед / **В. Ф. Спирин** // Технополис. – Д.: - 2014. – № 209. – С. 40-43.
5. ДСТУ OHSAS 18001:2010. Системи управління гігієною та безпекою праці. – К.: 2011. – С. 2.
6. **Фандєєв О.** Держгірпромнагляд: напрямки - європейські стандарти/ **О. Фандєєв** // Технополис. – Д.: - 2014. - № 212. – С. 6-13.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 р. № 956. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки/ Урядовий кур'єр. – К.: - № 133. – 2002.
8. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»/ Відомості Верховної Ради. – К.: № 15. – 2001. – с. 73.
9. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: Наказ № 637 Міністерство праці та соціальної політики від 04 грудня 2002. Основа. - К.: - 192 с.
10. **Бизов В.Ф., О.Є. Лапшин.** Охорона праці в галузі/ **В.Ф. Бизов, О.Є. Лапшин**// Мінерал. – Кривий Ріг.: 2001.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 621.316.001.57

М.Л. БАРАНОВСКАЯ, В.К. ТЫТЮК, кандидаты. техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОЗЗ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-35 кВ

На математической модели распределительной сети с изолированной нейтралью исследованы переходные процессы при горении перемежающейся дуги. Установлено, что на характер переходных процессов определяющее влияние оказывает сопротивление цепи замыкания на землю, которое состоит из суммы сопротивлений: сопротивления дуги и сопротивления пути обратного тока в земле или в оболочках кабелей. Доказано, что дуга является коммутатором и замыкает поврежденную фазу на землю через некоторое установившееся сопротивление R . При анализе корней характеристического уравнения видно, что свободная составляющая в переходном процессе имеет две составляющих: апериодическую и периодическую, величина амплитуд которых зависит от значения сопротивления цепи замыкания на землю. В зависимости от величины переходного сопротивления переходные процессы могут протекать с одним или несколькими переходами тока через нуль; существуют такие значения переходного сопротивления, которые являются границами между одним и двумя высокочастотными переходами тока через нуль. Известные теории развития перенапряжений следует рассматривать как частные случаи предложенной обобщенной теории, в которой гашение дуги возможно при первом или последующих переходах тока ОЗЗ через нуль, а повторные зажигания дуги в первоначальных циклах горение-гашение - при постоянном напряжении.