

УДК 622.692.4

ПРО СИСТЕМУ КЕРУВАННЯ ЦІЛІСНІСТЮ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ. ПОНЯТТЯ РИЗИК-АНАЛІЗУ

¹В.В.Розгонюк, ²А.А.Руднік, ³І.В.Ориняк, ¹С.Ф.Білик

¹Представництво ТОВ „Газекспорт” в Україні, м. Київ, вул. Артема, 26-В, тел. (044) 4902526

²ДК „Укртрансгаз”, м. Київ, вул. Кловський узвіз, 9/1, тел. (044) 4612010

³Інститут проблем міцності НАН України, м. Київ, вул. Тимірязєвська, 2, тел. (044) 2949481

Количественный риск-анализ очень широко применяется в мировой практике управления опасными производствами. Описаны основные составляющие для его выполнения и проанализированы практические процедуры, существующие в трубопроводной промышленности. Отмечено, что Украина также продекларировала необходимость внедрения в промышленности принципов риск-анализа, поэтому требуется разработка соответствующих норм.

Останнім часом експлуатація потенційно небезпечних підприємств одержала нову науково обґрунтовану методологічну основу, що базується на концепції допустимого ризику. Термін “Ризик” є цілком конкретною кількісною мірою безпеки і визначається як добуток імовірності виникнення аварії на її наслідки, що виражаються в економічних, екологічних і людських втратах. Кількісний ризик-аналіз (КРА) передбачає врахування всіх можливих альтернатив функціонування промислового об’єкта несприятливої дії зовнішніх чинників та розвитку аварійної ситуації. КРА є основою прийняття рішень у різних галузях людської діяльності, наприклад, у процесі планування використання земель, формулювання процедур ліцензування небезпечних виробництв, зокрема їх модернізації, розширення чи продовження терміну експлуатації, під час проведення інтегрованих оцінок впливу різних чинників на навколишнє середовище. Методологія КРА набула широкого застосування у визначенні основних факторів, що зумовлюють ризик, і, на основі цього аналізу, різних можливих варіантів прийняття проектних рішень чи стратегій керування діючими підприємствами.

Запровадження КРА в промисловості є вінцем нових системних підходів до проблем безпеки людини і навколишнього середовища, які почали обговорюватись з 60-х років, а зараз у багатьох країнах світу набули найвищого статусу державних законів і стратегічних директив. Відповідно до нового бачення повністю себе вичерпала панівна раніше концепція техніки безпеки в промисловій сфері, що базувалась на принципі “реагувати і виправляти”. Їй на зміну прийшла концепція допустимого техногенного ризику, в основі якої принцип “передбачати і випереджувати” [1].

Спрощену схему виконання КРА зображено на рис 1. Очевидно, що кількісний ризик-

The quantitative risk-analysis is widely applicable in the world practice of the safety management of hazard establishments. The basic steps in performing the risk analysis are outlined and the practical procedures existing in the pipeline industry are described. It is noted that Ukraine also declared the necessity of implementation of its principles in industry, thus the need for the development of the related Norms is formulated.

аналіз містить у собі три принципові складові – інтегральний ризик-аналіз, що поєднує можливість аварій з їх наслідками; оцінка ризику, що порівнює одержаний ризик з існуючими критеріями його допустимості; керування ризиком, що передбачає заходи зі зменшення ризику.

У практичному застосуванні виникає низка проблем, що пов’язані з невизначеністю вибору математичних методів, фізичних моделей і вхідних даних [2]. Особливо це стосується невизначеності функцій розподілу імовірнісних величин, що характеризують стан об’єкта чи зовнішніх чинників, амплітуд і періоду повторюваності певних природних катаклізмів. Це ставить під сумнів довіру до абсолютних вихідних числових значень КРА.

У контексті сказаного є очевидною необхідність стандартизації процедур детального описування та обговорення всіх невизначеностей і неоднозначностей, що приймались в аналізі. За таких умов результати КРА набувають необхідного обґрунтування та відповідної надійності.

На практиці впровадження методу КРА регламентується різними нормативними документами. В Європі основним таким документом вищого рівня є Директива Ради Європи 96/82EG “Севезо II” [3], назва якого пов’язана з наступним. У 1976 році в Італійському місті Севезо на підприємстві компанії JCMESA мала місце значна аварія на хімічному реакторі з викидом в атмосферу 2,5 кг діоксиду. Кількість важко уражених людей досягла при цьому 2000 чоловік, а площа забрудненої території – 18 кв. км. Ця й інші масштабні аварії призвели до певного перевороту у ставленні Європейської громадськості до небезпечних підприємств і техногенних катастроф, і, як результат, у 1984 році вийшов документ “Севезо I”. Він був повністю перероблений в 1996 році під назвою “Севезо II”.

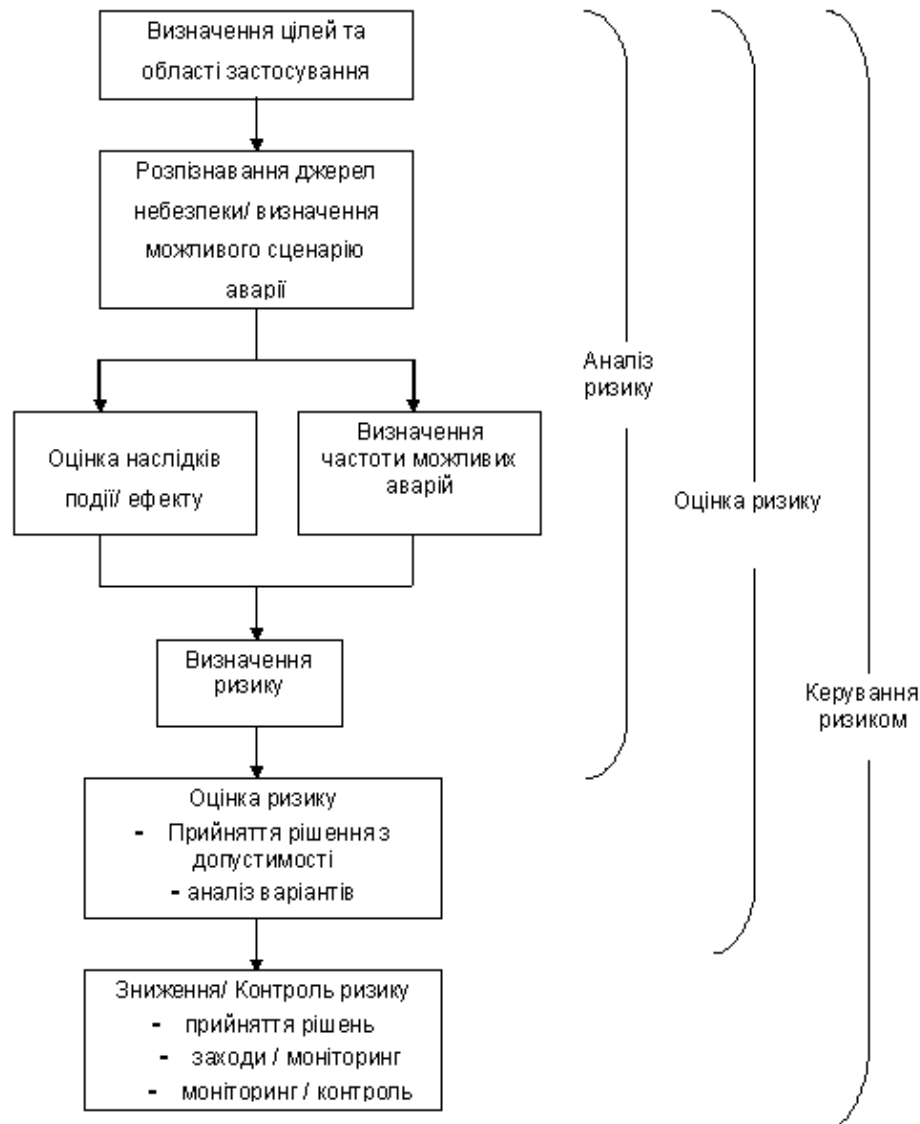


Рисунок 1 — Спрощена схема кількісного аналізу ризику

Даний документ є нормативом найвищого рівня і передбачає періодичну підготовку Звітів з Аналізу Безпеки підприємствами, що працюють з небезпечними речовинами. Головна мета його – попередження аварій зі значними наслідками, а якщо такі будуть мати місце – то і зменшення їх наслідків. Документ не описує в явній формі методи аналізу і способи врахування невизначеностей, оскільки він дає лише загальні положення, які мають деталізувати документи нижчого рівня. Документ вимагає, щоб Звіт з Аналізу Безпеки мав загальну інформацію щодо мети підприємства, головних функцій та продукції і загальні формулювання основних небезпек від речовин і технологічних процесів. До інших головних вимог нормативних документів найвищого рівня відносяться: рекомендації щодо керування, організації виробництва, місцезнаходження і характеристики навколишнього середовища, перелік і кількість отруйних речовин, характеристики процесів з ними пов'язаних (технологія виробництва, зберігання, завантаження – розвантаження). Опе-

ратор підприємства повинен продемонструвати наглядовим органам, що всі основні небезпечності ідентифіковано і проведено повний аналіз ризику підприємства. Це значить, що мають бути оцінені ймовірності руйнування від усіх можливих чинників, у тому числі і природного характеру, і від помилок персоналу, а також можливі наслідки для кожного сценарію аварії. Одержані кількісні показники ризику мають бути оцінені з точки зору їх допустимості як з наглядовими органами, так і з громадськістю, оскільки в багатьох країнах Європи місцеві органи влади мають право встановлювати допустимі критерії ризику. Завершальним етапом Звіту є розробка заходів зі зменшення ризиків, встановлення додаткових контрольних систем, проведення запобіжних заходів відповідно до існуючих принципів допустимого ризику, що встановлюється в більш детальних національних документах. Найвідомішим і широковживаним у більшості країн Європи є принцип ALARA. У відповідності з принципом ALARA, затрати на безпеку збільшують доти, доки від-

чується значний ефект зі зменшення ризику. При цьому за різних випадків кількісні параметри ризику мають бути найнижчими.

Документ “Севезо II” в основному відносить до хімічних виробництв, а також до підприємств нафтогазового комплексу. Що торкається магістральних трубопроводів, то в Європі проводилась довга дискусія щодо включення їх у сферу дії документа. На даний час до документа відносять тільки трубопроводи, що містять найнебезпечніші хімічні речовини, такі як, наприклад, аміак. Разом з тим, у даний час в Європі розробляється спеціальний додатковий документ, який буде регулювати засади Системи Управління Безпеки трубопроводів на принципах “Севезо II” [4]. У ньому зокрема передбачається вироблення оператором системи керування і політики із запобігання аварійних ситуацій з важкими наслідками для людей і довкілля. На основі створеної методології складається план реальних заходів щодо попередження аварій і проводяться відповідні роботи. Контроль за виконанням вимог документа покладено на відповідні національні органи, а засобом контролю для працюючих трубопроводів є періодичні звіти з безпеки, що поновлюються один раз на п'ять років, і в яких має бути продемонстрований достатній рівень безпеки.

Аналогічними документами вищого рівня в США є федеральні закони, які впроваджуються і регулюються відповідними міністерствами. У федеральному законі 29 CFR 1910.119, розробленому Агентством з Охорони Навколишнього Середовища, описано загальні вимоги щодо впровадження ризик-аналізу в системі керування цілісністю (СКЦ), а для трубопроводів – у розробленому Міністерством транспорту законі 49 CFR 195.452. Конкретизація загальних документів зі створення СКЦ, складання плану реальних заходів і підготовки періодичного звіту описується у відповідних практичних документах, розроблених в Американському інституті нафти (American Petroleum Institute) – API 750 [5], API 1160 [6]. Привабливим у них є те, що крім деталізації впровадження вимог федеральних законів вони мають основу для ефективного керування підприємством зі зниження затрат і оптимізації ресурсів. Ці документи є своєрідною керівною парасолькою, яка охоплює усю практичну діяльність. Застосування таких документів призвело до необхідності розроблення прогресивних конкретних методик, які торкаються особливостей використання засобів неруйнівного контролю [7, 8], запровадження ризик-аналізу для планування діагностичних робіт [9] з оцінки стану конструкції в процесі експлуатації, зокрема наявності дефектів з урахуванням деградації металу [10].

Детальніше опишемо документ API 1160 [6], який згадується в роботі [2], що чітко визначає пріоритети в керуванні безпекою трубопроводу і визначає його ресурс. Перш за все зауважимо, що недавня (2001) поява в США документа API відкриває початок принципово нових відносин між регулюючим органом і операторами магістральних трубопроводів, які

грунтуються на ідеології кількісного ризик-аналізу. Більше того, документ передбачає план конкретних заходів і чітко визначає терміни їх запровадження. Документ визначає, що надійність трубопроводу має бути забезпечена на належному рівні, а всі дії оператора мають бути оцінені саме з точки зору кількісного покращання параметрів надійності. Тобто оператор не зобов'язаний проводити контроль певними засобами і в певному обсязі, проте він має довести регулюючому органу достатність і ефективність вибраних заходів. З цією метою оператор має створити Комплексну Програму Заходів, що затверджується регулюючим органом. Результати виконання Програми також розглядаються і затверджуються регулюючим органом.

Підкреслимо, що інші документи і стандарти також передбачали певні дії і рішення, пов'язані з підвищенням надійності трубопроводу. Проте даний документ вперше замість одиночних дій передбачає створення єдиної методології, яка має назву “Система керування цілісністю трубопроводу” (СКЦТ).

Таким чином Стандарт API 1160 є:

- засобом для створення СКЦТ;
- засобом урахування нюансів цілісності, які має враховувати оператор;
- набором стандартизованих параметрів, які дозволять оператору порівнювати фактичну ефективність трубопроводу з бажаною;
- засобом порівняння для різних операторів програм і ефективності функціонування трубопроводів.

Прийняття такого документа має позитивне значення як для регулюючих органів, так і для операторів. Так, для перших це виражається в наступному:

- прискорення оцінки цілісності в районах з великими наслідками аварій;
- покращення методологій керування цілісністю в компаніях;
- збільшення ролі держави в оцінці адекватності планів компаній із забезпечення цілісності;
- забезпечення громадського контролю за станом трубопроводів.

Для операторів документ набуває важливого значення. Оператор вклав значні кошти в матеріальні цінності, які утворюють трубопроводну систему. Матеріальна віддача (прибуток від володіння цими цінностями) можлива лише за надійного функціонування системи. У зв'язку з цим СКЦТ має розглядатись перш за все як засіб найбільш раціонального використання ресурсів для:

- ідентифікації і аналізу дійсних і потенційних чинників, які передують аваріям;
- вивчення можливості і потенційної небезпеки очікуваних аварій;
- забезпечення всебічних і інтегрованих засобів для перевірки і порівняння всіх можливих ризиків і заходів, що знижують ризики;
- впровадження доступніших засобів для вибору і застосування заходів зі зменшення ризиків;

– встановлення системи зворотного зв'язку для покращання прийнятої СКЦТ.

Одним з основних принципів, на базі яких функціонує СКЦТ, є поняття початкової цілісності. Трубопровідна система володіє вбудованою початковою цілісністю, що досягнута на етапах планування, проектування і будівництва. Цілісність може бути досягнута тільки висококваліфікованим персоналом, шляхом використання встановлених режимів експлуатації на обладнанні, що обслуговується.

Програма керування Цілісністю повинна бути індивідуальною і гнучкою. Інтеграція інформаційних баз і інтелектуальних систем є ключовим моментом керування цілісністю. Підготовка і проведення ризик-аналізу є найважливішим елементом СКЦТ. Оцінка ризику порушення цілісності трубопроводу є неперервним процесом. Нові технології діагностики і оцінки ризику повинні бути зрозумілими і впроваджені в СКЦТ. Такі технології допомагають оператору визначити як самі ризики, так і здатність аналітичних засобів оцінити цілісність компонентів системи. Системи і програми оцінки цілісності трубопроводів повинні оцінюватись третіми особами, включаючи регулюючі органи.

Хоч усі трубопровідні системи є індивідуальними і особливими, СКЦТ повинна мати міцну основу, що складається із декількох ключових елементів. На рис. 1 зображено елементи і взаємодію між ними. Впровадження схеми реалізації зазначених процедур може досягатися абсолютно різними шляхами, починаючи від найпростіших і закінчуючи високоінтелектуальними розрахунковими і технічними процедурами. Важливо підкреслити, що реалізація програми керування цілісністю повинна бути високо інтегрованою і ітеративним процесом. Хоч всі елементи на рисунку показано окремо, існує значний обмін інформації і взаємодія на кожному кроці.

Розробляючи програму оцінки ризику оператор повинен взяти до уваги всі особливості трубопроводу, щоб визначитись, який з підходів є найбільш прийнятним для нього. Основна мета оцінки ризику полягає в ідентифікації найбільших ризиків у системі, так щоб оператор міг вирішити як, де і коли направити ремонтні і покращувальні засоби, щоб це найефективніше підвищило надійність трубопровідної системи. Оператор повинен вирішити, яка інформація може бути корисною для виконання оцінки і як ця інформація має бути застосована, щоб точність і ефективність оцінок були максимальними.

Оцінка ризику є дуже важливим аналітичним процесом у СКЦТ. Хоч число різних процедур оцінки є дуже великим, усі вони мають відповідати на такі базові питання:

– які події чи умови експлуатації можуть призвести до втрати трубопровідної системи цілісності?

– яка ймовірність того, що ці події чи умови можуть виникнути?

– яка природа і ступінь небезпечності наслідків цих подій чи умов?

– який загалом ризик являють собою ці умови чи події?

Вибір методу оцінки ризику належить до компетенції оператора. Вибираючи належний аналітичний метод оцінки ризику, який найкраще задовольняє потреби з вирішення конкретних завдань, оператор має відповісти на декілька ключових питань:

– які керівні рішення, базуючись на результатах оцінки ризику, будуть виконані?

– які специфічні результати вимагаються від оцінки ризику для того, щоб підтримати процес прийняття рішення?

– який рівень зобов'язань і засобів (як внутрішніх так і зовнішніх) необхідний для того, щоб виконати запропоновану програму дій?

– як терміново необхідно одержати результати?

Тому, щоб визначити довготермінову стратегію з розробки і впровадження СКЦТ, оператор зацікавлений одержати найбільше відомостей про наявні методи оцінки ризику, що застосовуються в індустрії, та їх переваги і недоліки.

Коротко охарактеризуємо ситуацію в Україні і Росії щодо застосування ризик-аналізу. Ситуація в Україні з нагляду за безпекою підприємств характеризується наявністю тільки документів наказового типу, які жорстко регламентують порядок проведення обстежень і не дають змоги оптимізувати затрати і науково обґрунтувати продовження ресурсу. Це відноситься не тільки до трубопроводів але і до промисловості загалом. У фундаментальній статті [11] нагальність впровадження систем з оцінки ризику в Україні автор відносить до проблеми національної безпеки. Наведемо дуже красномовну цитату: “Відставання нашої держави в цій сфері стає загрозливим. Це призводить не тільки до дискредитації української науки, а й до неефективності національної промисловості, її високої аварійності і, що страшніше, до неправданих людських жертв. У зв'язку з тим, що завдання оцінки ризику можна розглядати як завдання прийняття багатокритеріального колективного рішення, що вимагає дослідження широкого кола питань у технічній, економічній, соціальній сферах життя, виникає необхідність створення в Україні системи адміністративного керування ризиком.”

Такий стан частково зумовлений відсутністю державницького підходу до керування ризиками в Радянському Союзі, де ціна безпеки людини і екології аж ніяк не відповідала належному рівню. У десятирічному виданні “Надійність і ефективність у техніці”, що вийшло у світ упродовж 1987-1990 років, навіть не згадується поняття ризик-аналізу. Так само не описуються багато його важливих складових, наприклад, методи розрахунку наслідків аварій, що проявляються в їх впливі на здоров'я людей чи на економічні показники, на методи оцінки ймовірності руйнування на основі фізичних моделей як з допомогою наближених аналітич-

них підходів, так і чисельного моделювання методом Монте-Карло або його похідними. Тільки в 1991 році в Росії (із залученням спеціалістів з інших країн колишнього Союзу) була прийнята комплексна програма "Безпека населення і народно - господарських об'єктів з урахуванням ризику розвитку природних і техногенних катастроф".

Разом з тим відповідальність за відсутність в Україні як нормативів з ризику так і з надійності (одна із складових ризику) промислових об'єктів несуть як вчені в галузі міцності і надійності, так і чиновники, що забезпечують безпеку праці.

В Росії, що мала однакові стартові позиції з Україною, ризик-аналіз уже стає важливою складовою культури виробництва. Наведемо такі приклади. Сьогодні в Росії діє комплексна програма "Зниження ризиків і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в Російській Федерації до 2005 р". У Росії в 1997 році прийнятий закон "Про промислову безпеку небезпечних виробничих об'єктів". Цей закон є аналогом відомої Європейської Севезо II. Відповідно до вимог закону кожне небезпечне виробниче підприємство повинно розробляти декларації безпеки і одержувати від відповідних органів ліцензію на право виробничої діяльності. Обов'язковою частиною декларації є прогноз і оцінка аварійного ризику, що є кількісною мірою небезпечності даного виробництва. Для використання цього закону на практиці створюються відповідні методики в різних галузях промисловості. У Росії видаються два спеціалізовані журнали: "Вопросы анализа риска" и "Управление риском", проводяться спеціалізовані конференції.

Разом з тим за останній рік і в Україні спостерігається певний прогрес у законодавчому забезпеченні впровадження ризик-аналізу в керування діяльністю підприємств. Це пов'язано з гармонізацією вимог українського законодавства з Європейським. Зокрема, прийнятий Закон про стандартизацію де відзначається, що стандарти застосовуються на добровільних засадах і це дає змогу керуватися передовими документами; прийнятий Закон про об'єкти підвищеної безпеки, що є аналогом Директиви "Севезо II" і вимагає періодичного складання Декларації безпеки. Проте технічне наповнення цих декларацій відсутнє, як і не визначені методи оцінки в уточнювальній методиці Міністерства праці та соціальної політики [12], де, зокрема, відзначається, що "для визначення рівня ризику на всіх етапах його аналізу допускається застосування будь-яких відомих у науково-технічній, довідковій, нормативній і методичній літературі методів розрахунку й оцінок небезпек, наслідків і ризику для об'єктів "турботи" за умови наявності обґрунтування їх застосування відповідно до вимог цієї Методики".

У впровадженні ризик-аналізу як ефективною методологією для керування цілісністю магістрального трубопроводу, повинні бути зацікавлені як держава, так і оператори. Для держави

СКЦ є організаційним забезпеченням і засобом регулювання безпеки населення і навколишнього середовища. Для оператора СКЦ є засобом оптимізації витрат на експлуатацію і методом подовження ресурсу трубопроводу. Розробка СКЦТ і її впровадження вимагає значних зусиль від оператора, що, звичайно, призводить до небажання змінювати стан речей, особливо коли відсутній досвід. Прямий перехід на стандарти провідних країн та Євросоюзу, на наш погляд, не є ефективним, оскільки, по-перше, у наших умовах не може бути швидко реалізований, а по-друге, прийняття норм повністю виключає власну ініціативу і поставить важливу галузь промисловості в повну залежність від закордонних фахівців і експертів, зупинивши професійний ріст своїх кадрів.

Отже потрібно створити механізм, який би стимулював операторів вивчати механізми деградації газотранспортної мережі як системи, або як потенційно небезпечного об'єкта, приймати запобіжні заходи зі зменшення деградації і попереджувати аварії. Як найпростіший механізм, пропонується підняти статус Програми обстеження, яка прописана в Державному нормативному акті з охорони праці (ДНА-ОП). Ця програма повинна складатися відповідно до розробленого спеціального документа. Програма обстеження повинна враховувати раніше викладені принципи ризик-аналізу, затверджуватись Держохоронпраці і рецензуватися третьою стороною, тобто експертною організацією. За результатами виконання Програми видається Сертифікат Відповідності, в якому визначається період часу можливої подальшої експлуатації потенційно небезпечного об'єкта.

Література

1. Горский В.Г., Швецова-Шиловская Т.Н., Кирсанов В.В., Терещенко Г.Ф. Анализ аварийного риска и обеспечения безопасности химически опасных объектов // Химическая промышленность. – 2002. – № 4. – С. 1-14.
2. Ориняк І.В., Розгонюк В.В., Тороп В.М., Білик О.Ф. Ресурс, довговічність і надійність трубопроводів. Огляд сучасних підходів і проблеми нормативного забезпечення в Україні // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – №4. – С. 54-57.
3. Council Directive 96/82/EC on the control of major-accident hazards involving dangerous substances // Official Journal of the European Communities. – 14.01.1997. – No L 10, p 13-33.
4. Papadakis G.A. Assessment of requirements on safety management systems in EU regulations for control of major hazard pipelines // Journal of hazardous materials. – 2000. – V78. – p.63-89.
5. RP 750. Management of Process Hazards. American Petroleum Institute, Washington, DC. 1999.
6. API 1160. Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipeline. American Petroleum Institute, Washington, DC. 2002.

7. API 510. Pressure Vessel Inspection Code. American Petroleum Institute, Washington, DC. 1999.

7. STD 653. Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction. American Petroleum Institute, Washington, DC. 2002.

8. API 581. Risk-Based Inspection. Base Resource Document. American Petroleum Institute, Washington, DC. 2003.

9. API 597. Recommended Practice for Fitness for Service. American Petroleum Institute, Washington, DC. 2003.

10. Качинський А.Б. Розвиток проблеми ризику в Україні: теорія і практика // Стратегічна Панорама. – 2002. – № 4. – С. 18-25.

11. Деньга В.С. Международный опыт использования методологии анализа риска в ядерной энергетике, химической промышленности и космической деятельности // Управление риском. – 1999. – №2. – С. 51-58.

12. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки / Наказ №637 Міністерства праці та соціальної політики від 04.12.2002.

Всеукраїнська науково-методична конференція

ПРОБЛЕМА ТА ЗМІСТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ОСВІТИ СУЧАСНОГО ІНЖЕНЕРА

*м. Харків
(20-22 жовтня 2004 р.)*

Оргкомітет конференції

*61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21,
НТУ “ХП”*

Зав. каф. загальної та експериментальної фізики

Мамалуй А.О.

Тел: (0572) 40-03-47

E-mail: mamalui @ kpi.kharkov.ua

Зав. каф. загальної та неорганічної хімії

Булавін В.І.

Тел: (0572) 40-04-92, 40-08-20

E-mail: bulavin @ kpi.kharkov.ua

Робота конференції проходитиме за такими секціями:

- Інтегративна система освіти та формування світогляду майбутніх фахівців
- Новітні технології освіти та проблеми формування творчої особистості студентів
- Академічна та прикладна наука і розвиток фундаментальної освіти
- Інформаційні технології та забезпечення навчального процесу
- Самостійна робота студентів та проблеми формування навичок безперервної освіти

Під час роботи конференції планується організація виставки науково-методичної літератури та проведення круглих столів з актуальних проблем змісту та викладання фундаментальних дисциплін у вищих технічних закладах освіти.