

УДК 621.64: 351.745.5

**РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ
БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

*В.Д. Шиян, канд. техн. наук, доцент
(Академія управління МВС)*

Стаття присвячена проблемам розробки і застосування уніфікованої багатофункціональної інформаційно-вимірювальної системи діагностики та оперативного розкриття злочинів викрадення вуглеводнів з магістральних трубопроводів. Виявлення інформаційно-вимірювальною системою місць порушення цілісності стінок труб дозволяє попереджувати та запобігати аваріям на трубопроводному транспорті, що є складною науково-технічною проблемою забезпечення живучості систем паливно-енергетичного комплексу України в інтересах цивільної оборони, сталого розвитку держави, екологічного імперативу.

Статья посвящена проблемам разработки и применения унифицированной многофункциональной информационно измерительной системы диагностики и оперативного раскрытия преступлений похищения углеводородов из магистральных трубопроводов. Информационно измерительная система также позволяет обнаруживать места нарушения целостности стенок труб и позволяет предупреждать, предотвращать аварии на трубопроводном транспорте, процесс поиска которых является сложной научно-технической проблемой обеспечения живучести систем топливно-энергетического комплекса Украины в интересах гражданской обороны, устойчивого развития государства, экологического императива.

The article is devoted the problems of development and application compatible multifunction informatively measuring system of diagnostics and operative opening of crimes of theft of hydrocarbons from main pipelines. Informatively measuring system also позволяем to find out the places of violation

© В.Д. Шиян, 2010

violation of integrity of walls of pipes and allows to warn, prevent failures on a pipeline transport, a process of search of which is the thorny scientific and technical problem of providing of vitality of the systems of fuel and energy complex of Ukraine in behalf of civil defensive, steady development of the state, ecological imperative.

Нині однією з основних стратегічних проблем національної безпеки держави є забезпечення потреб економіки енергоресурсами в поєднанні з захистом навколишнього природного середовища від шкідливого впливу небезпечних чинників паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), зокрема, нафтопромислового виробництва та транспорту вуглеводнів. Економіка України прагне інтеграції у світову економічну систему, що потребує доведення національних стандартів сфери виробництва та безпеки до рівня високорозвинутих країн Європи [1]. Нормативно встановлений рівень безпеки на підприємствах в Україні складає $1 \cdot 10^{-6}$ [2–4], що не відповідає реальним показникам допустимого ризику на МТ. Фактичний рівень відмов трубопровідного транспорту складає $4,26 \cdot 10^{-4}$. І як наслідок, регламентовані втрати нафтопродуктів навіть на Західноєвропейських трубопроводах (за станом на 1990 р.) склали $0,29 \cdot 10^{-5}$ м³Па/с [5]. Суттєве зниження надійності та підвищення рівня екологічного ризику, економічних збитків вітчизняних трубопроводів, пов'язано як з порушенням вимог безпеки проектування, будівництва, випробувань [2–3], так і вимог експлуатації [4] магістральних трубопроводів (МТ), що відпрацювали 1,5–2,5 ресурси, а також латентних «врізок» викрадення вуглеводнів. «Врізки» — не передбачене проектом створення латентного примусового відгалуження від трубопроводу через яке відбувається не санкціонований відбір вуглеводнів злочинцями. Викрадення вуглеводнів з трубопроводів шляхом створенням латентних підключень-врізок є 100% причинами техногенних аварій. Останнє межує з диверсійною діяльністю (ст. 113 Кримінального кодексу України [6]) щодо порушення конструктивної надійності та стійкості стратегічно важливих об'єктів і пов'язано, як правило, з відсутністю або неналежним станом охорони об'єктів частинами внутрішніх військ [7] та відомчою спеціальною охороною. На рис. 1 приведена структура підрозділів охорони МТ в НАК «Нафтогаз України» у 2004 р.

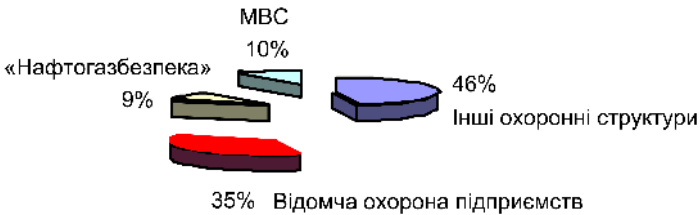


Рис. 1. Структура підрозділів охорони магістральних трубопроводів НАК «Нафтогаз України» у 2004 р.

Аналіз ситуації з охороною МТ показує, що тільки 10% охоронних структур належать до системи МВС. Інші 90% охоронних структур є приватними, відомчими, такими, що ставлять під сумнів їх охорону, розкриття злочинів викрадення та безпеку. Аналогічна ситуація склалася з охороною банківських структур яка показує, що велика кількість пограбувань банків є не розкритими. Пограбування банків є резонансною справою, а викрадення вуглеводнів з трубопроводів є латентним і не привертає уваги суспільства. Проте економічні збитки одноразового від пограбування МТ, як правило, набагато перевищують втрати банківських структур.

Причиною зняття спеціалізованої охорони внутрішніх військ з вказаних об'єктів є відмова власників сплачувати послуги охоронним структурам. Власники підприємств вважають, що економічно вигідніше мати втрати до 12—15% прибутку (продукції), ніж розповсюдження інформації про злочини у даній сфері та фінансування заходів безпеки. Таким чином, практично, система екологічної безпеки МТ залишились без охорони, віч-на-віч зі злочинцями.

Існуюча ситуація має місце при енергетичній кризі та подорожчання вартості вуглеводнів. Розв'язання вказаних суперечностей в галузі потребує, по-перше, відновлення охорони МТ підрозділами МВС, по-друге, розробки адекватних організаційно-технічних, режимно-економічних заходів, що забезпечать безпеку вказаних об'єктів, по-третє, заходів забезпечення екологічної безпеки. За даними статистики втрати вуглеводнів в Україні на протязі року при транспортуванні [7, 8] складають не менше \$8 млрд.

Власники транспортних систем вуглеводнів компенсують свої збитки за рахунок підвищення цін на вуглеводні, тобто перекладаючи тягар на споживачів нафтопродуктів, не оприлюднюючи

стан безпеки МТ, посиляючись на комерційну таємницю. Створена ситуація стимулює як злочинну діяльність, так і екологічні ризики.

Аналіз літературних джерел свідчить, що на розв'язання означених науково-практичних проблем екологічної безпеки спрямовані інтелектуальні зусилля багатьох учених. Проблеми забезпечення техногенно-екологічної безпеки потенційно небезпечних об'єктів, зокрема паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), присвячено багато наукових робіт, серед яких чільне місце займають праці та дослідження академіків Легасова В.А. [9], Александрова О.О., Патона Б.Є., Мазура І.І., Іванцова О.М., Кондратьєва Я.Ю. [7] та інших, які вирішували проблеми частково в галузі своїх наукових інтересів.

Метою дослідження є розгляд основних напрямів (теоретичних положень) щодо інноваційного розвитку та екологічної безпеки нафтогазової галузі й підвищення ефективності розкриття злочинів викрадення вуглеводнів з МТ, забезпечення прикриття та стійкості їх функціонування, запобігання, попередження аварій в результаті утворення несущальностей в стінках трубопроводів, а також виявлення латентного підключення на основі розробленої методики застосування уніфікованої багатофункціональної інформаційно-виміральної системи діагностики, технічного прикриття.

Враховуючи те, що нафтогазова промисловість відноситься до однієї з найбільш стратегічно важливих галузей народного господарства і економіки держави [7, 8], як в мирний час, так і в особливий період щодо забезпечення потреб Збройних Сил, Цивільної оборони паливно-мастильними матеріалами (ПММ), то рішення питань забезпечення безпеки транспорту вуглеводнів є *найактуальнішою* проблемою, яка вимагає постійного удосконалення та модернізації.

Матеріал та методика

На території України, в добу Радянського Союзу, площа якої складала 8% від території СРСР, функціонувало 25% потенційно небезпечних виробництв СРСР, що вказує на екологічне перенавантаження території України. Серед них тільки 1800 підприємств з транспорту, переробки, зберігання вуглеводнів, які функціонують і сьогодні, виробивши 2—3 ресурси [7, 8]. Вказане відноситься до МТ, які побудовані в 40—50 роки минулого століття. Нині

газо-, нафтотранспортний комплекс в Україні включає 35 тис. км магістральних газопроводів, 4,47 тис. км нафто трубопроводів, 3,93 тис. км нафтопроводів та близько 20 тис. км розподільних мереж. Довжина аміакопроводу Тольятті-Одеса — 810 км. За даними ВАТ «Укрнафта», на вказаних транспортних мережах щорічно, в середньому, відбувається від 1200 до 1500 аварій різного ступеня небезпеки, внаслідок чого сотні тонн вуглеводнів, що транспортуються, потрапляють у навколишнє середовище [7, 8]. На рис. 2 приведено результати досліджень розподілу надзвичайних ситуацій за характером прояву в Україні. За результатами досліджень випливає, що найбільший вклад у сукупність надзвичайних ситуацій вносять надзвичайні ситуації техногенного характеру, які склали у 2008 р. 49%. Тобто, заходи реагування, запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій повинні бути направлені, в першу чергу, на попередження, запобігання, ліквідацію надзвичайних ситуацій техногенного характеру, як найбільш розповсюджених і загрозованих.

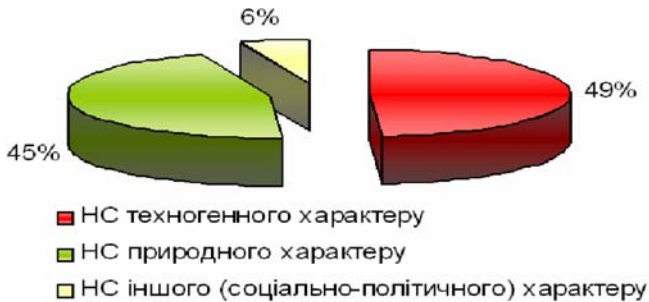


Рис. 2. Розподіл надзвичайних ситуацій за характером прояву в Україні в 2008 р.

Правовою базою забезпечення державної політики в сфері ЦЗ щодо запобігання, попередження виникнення аварій на МТ є Закон України «Про правові засади цивільного захисту» [10], наказ МНС України № 288 [11], «Методика оцінки збитків від наслідків аварій надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» [12].

Результати та обговорення. Аналіз проблем, пов'язаних з техногенно-екологічними аваріями (ТЕА), порушенням цілісності МТ, викраденням вуглеводнів, нанесенням збитків державі, нафтогазовим компаніям України, доцільно розглянути з питань забезпечення їх безпеки та понять «технічне прикриття» та «живучість системи, об'єкта».

Технічне прикриття стосовно ПЕК, транспортних систем, шляхів сполучень — комплекс заходів щодо забезпечення живучості транспортних, енергетичних систем, сполучень та їх відновленню у випадках руйнування. Дамо перелік аспектів (елементів) транспортного забезпечення щодо технічного прикриття, що здійснюється силами та засобами відповідних (транспортних) міністерств та відомств. На *залізничному транспорті* — залізничними військами, на військово-автомобільних шляхах — дорожніми військами; на військових аеродромах — військово-транспортною авіацією — інженерно-аеродромними та авіаційно-технічними частинами; на польових магістральних трубопроводах — трубопровідними підрозділами, що виділяються для технічного прикриття. Крім того, заходи та засоби забезпечують функціонування об'єктів, мають прикриття, організують охорону та захист шляхів сполучень та транспортних засобів, здійснюють відбудовчі роботи. Поняття технічного прикриття нерозривно пов'язано з поняттям живучість.

Живучість (військова) — властивість сил (військ), військової техніки, зброї, тилових систем управління (трубопровідних систем) зберігати чи швидко відновлювати боєздатність (життєдіяльність, спосіб виконувати бойові завдання). Живучість систем, об'єктів — властивість техніки, приданих та обслуговуючих сил, засобів, систем управління зберігати чи швидко відновлювати свою життєдіяльність, спосіб виконувати директивні завдання, ведення господарської діяльності в мирний час та особливий період.

На жаль, не зважаючи на впроваджене технічне прикриття та заходи забезпечення живучості трубопровідні системи мають тенденцію зниження показників рівня надійності. Причинами аварій є поступове фізичне і моральне старіння систем від часу, як про це вказувалось раніше. Ефективність МТ об'єктивно обумовлена його особливими фізико-технічними властивостями: рухом середовища замість руху дискретних транспортних одиниць, поєднання шляху та «рухомого складу» в єдиній інженерній конструкції

(трубі) та стаціонарному розміщенні приводу. Тому магістральні трубопроводи у процесі експлуатації, потребують: обов'язкової діагностики, сертифікації, оперативного ремонту. Саме від систем попередження, запобігання, а також від термінів оперативного ремонту залежить відновлення життєдіяльності об'єктів. У зв'язку з цим вимагає вдосконалення і реформування Єдина державна система Цивільного захисту запобігання та реагування на надзвичайні ситуації техногенного, природного та екологічного характеру у відповідності до сучасних вимог: 1) зростання кількості і масштабів надзвичайних ситуацій, 2) нової воєнно-політичної обстановки, 3) небезпеки міжнародного тероризму, 4) сучасних уявлень про характер збройної боротьби, 5) інших загроз національній безпеці [7; 11; 13].

Рішення вказаних проблем не можливо без залучення інноваційних досліджень та розробок фундаментальної науки в галузі розробки правових норм, моделей екологічно безпечних трубопровідних систем транспорту вуглеводнів, інформаційних систем моніторингу.

Проведені раніше дослідження ТЕА на МТ [7; 8] показали залежність утворення та розвитку тріщин від малоциклового навантаження, реології, фізико-хімічних властивостей матеріалів труб та середовища, що транспортується під тиском. Проведені дослідження в галузі ПЕК щодо викрадення вуглеводнів при їх транспортуванні з МТ, показують залежності числа летальних випадків на МТ та числа порушених кримінальних справ внаслідок аварій, спричинених «врізками» при спробі викрадення вуглеводнів (рис. 3).

З приведених залежностей логічно випливає, що збільшення числа «врізок» на діючих МТ викликає збільшення числа аварій з екологічним забрудненням навколишнього природного середовища та кількості летальних випадків у галузі трубопровідного транспорту, що не суперечить теоретичним висновкам. Причому, збільшення числа «врізок» і кримінальних проявів тягне збільшення числа справ направлених до судових органів. Таким чином, відсутність боротьби з несанкціонованими «врізками» приводить до аварійності на трубопроводах, а значить до екологічного забруднення, зниження рівня конструктивної надійності МТ, аварій і втрат вуглеводневої продукції, а також матеріальних збитків через недопостачання вуглеводнів.

Методом нелінійного прогнозування залежностей аварій (екологічного забруднення) на МТ отримано прогнозовані результати

Показники
стану безпеки
на МТ

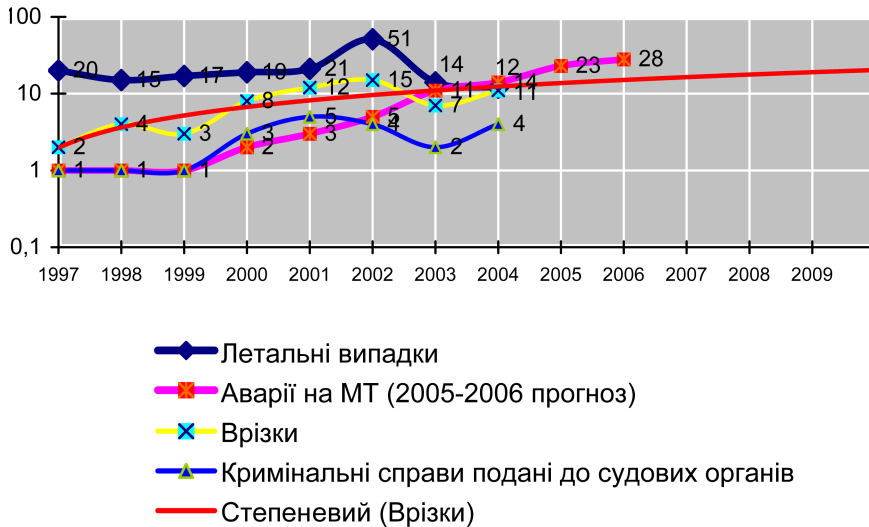


Рис. 3. Залежність числа летальних випадків на магістральних трубопроводах та порушених кримінальних справ за ст. 292 ККУ внаслідок аварій, спричинених врізками при викраденні вуглеводнів.

динаміки створення нових врізок. Кількість створених нових «врізок» буде збільшуватися. А, як наслідок, приведе до збільшення числа аварій та матеріальних збитків, числа летальних наслідків, збільшення забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами, ПММ тощо. Аналіз та дослідження порушень у судах кримінальних справ щодо злочинів з викрадення вуглеводнів з використанням «врізок» показує, що на місцях вказана проблема захисту МТ є не ефективною, вирішується індивідуально службами безпеки кожної трубопровідної компанії: приховано і самотужки. Зазвичай, досягнути ефективних результатів виявлення злочинів викрадення вуглеводнів, не об'єднавши своїх зусиль з правоохоронними органами, без технічних систем виявлення «врізок» є складною і не вирішеною проблемою.

На сьогодні проблеми захисту МТ у складі системи ПЕК України, як об'єктів оборонного призначення, вирішуються на багатьох рівнях: законодавчому, нормативному, теоретичному та прикладному. Але збільшення кількості техногенних аварій, терористичних актів, фактів викрадення вуглеводнів показує на прикладі потенційно-небезпечних об'єктів ПЕК, що навіть у питаннях національної безпеки проблема залишається на рівні 90-х років минулого століття [7; 8]. Незважаючи на заходи, що розроблюються, вона продовжує залишатися ще більш актуальною на теперішньому етапі розбудови держави в кризовій економічній ситуації.

Для виконання наказу МНС України №288 [11] необхідною є низка системних і технічних заходів щодо моніторингу потенційно небезпечних об'єктів. Забезпечення високих темпів науково-технічного прогресу, виявлення злочинів у сфері ПЕК, а саме, викрадення вуглеводнів з діючих МТ пов'язано з необхідністю створення таких систем, інструментів та методик, які б сприяли підвищенню доказовості та розкриття злочинів і об'єктивного покарання злочинців, тобто підвищивши продуктивність праці правоохоронців. Слідством, методами ОРД на об'єктах ПЕК встановлюються сліди злочину (місця «врізок»), які є предметом або знаряддям злочину. Ними можуть бути:

- первинні та бухгалтерські документи;
- зразки викрадених вуглевісних речовин;
- місця врізок;
- аудіо-, відеозаписи дій порушників;

- місця розливу пального, нафтопродуктів, ПММ;
- час їх роботи, скоєння злочину.

Забезпечення сталого функціонування ПЕК та їх живучості, зокрема, таких об'єктів як МТ, що прокладені за вимогами будівельних норм [2—4; 5] приховано з заглибленням у ґрунтах, потребує комплексного дослідження та вивчення. Комплексність проблеми фізичного захисту (технічного прикриття) полягає у моделюванні системи МТ та створенні новітніх інноваційних та інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) оцінки стану МТ. Підсилити рішення проблеми захисту можливо, наприклад, поєднанням систем захисту з застосуванням патрульних безпілотних літальних апаратів (БЛА) як на всій системі МТ, так і на окремих ділянках для отримання інформації. Таким чином можливо отримати додаткові данні щодо прогнозу та подальшого функціонування МТ, доповнюючи раніше отримані дані діагностики, або навпаки, первинні дані БЛА по уточнюються даними діагностики. Одночасно з проведенням у темпі процесу моніторингу стану трубопроводів можуть проводитися аварійно-відновлювальні роботи (АВР). АВР виконуються на основі реалізації інноваційних «екологічно чистих» технологій щодо забезпечення в реальному масштабі часу показників конструктивної надійності, наприклад, використання методу безарматурного перекриття МТ.

Для вирішення поставлених завдань і створюються ІВС [14] з метою автоматичного вимірювання множини величин (параметрів), обробки й оцінки результатів метрологічних вимірювань без втручання оператора. Розроблені для різних галузей науки та техніки ІВС являють собою програмно-керовану сукупність вимірювальних та обчислювальних пристроїв, що призначені для виконання групи споріднених задач дослідження складних об'єктів. В означених ІВС функції оператора в системах управління різними процесами, в тому числі і технологічними, а також об'єктами досліджень виконуються автоматичними вимірювальними пристроями. Таким чином з'явилась можливість для віддалених об'єктів з великим числом датчиків, навіть рознесених у просторі, проводити моніторинг: збір інформації й обробку результатів з дистанційною передачею інформації про стан об'єкта. Особливо важливою є інформація про стан аварійного об'єкта. На основі одного ІВС шляхом програмної перебудови можлива реалізація моніторингу кінцевого числа систем.

Розглядаючи антагоністичні проблеми живучості і захисту МТ вказувалось на комплексний характер проблеми, який характерний і при забезпеченні безпеки ПЕК. А це значить, що комплексний характер забезпечення безпеки обумовлює конструктивно-технологічну безпеку (проектування, будівництва, експлуатації) систем постачання вуглеводнів для потреб держави в мирний час й особливий період та випадкові впливи небезпечних факторів: природного та техногенного, терористичного та злочинного характеру. Крім того, комплексний характер стосовно проблем забезпечення безпеки об'єктів ПЕК вимагає використання наукових методів, які давали б можливість узагальнено аналізувати складні проблеми. Вказане дозволило б забезпечити розгляд, а головне, розв'язання множини альтернатив, кожна з яких описується значною кількістю змінних щодо їх розв'язання. За такої постановки задачі забезпечується повнота оцінювання окремо кожної альтернативи, допомагаючи вносити елементи вимірюваності різних параметрів, даючи можливість відображати дійсну складність викладених проблем. Методологією та одним з інструментів проведення названих досліджень є імітаційне моделювання.

Моделювання — метод дослідження навколишнього нас світу, чи об'єктів, що зацікавлюють нас, в якому використовується деякий допоміжний об'єкт — модель. Зміст поняття «моделювання» складає побудова моделі з подальшим її удосконаленням в цілях досягнення найбільшої адекватності значущим характеристикам об'єкту. Модель — смислове представлення і матеріально реалізована система, яка адекватно відображає предмет дослідження.

Нині імітаційне моделювання отримало широке застосування при розв'язанні задач прогнозування, проектування, планування складних систем і процесів, особливо соціальних. Основна мета в застосуванні імітаційного моделювання при забезпеченні техногенної безпеки трубопровідних систем досягається в дослідженні моделі складної системи і спрямовується на отримання найбільш достовірної інформації про саму систему [15].

Формалізований опис імітаційної моделі M_{MT} забезпечення безпеки і стійкості трубопроводів робимо з допущенням, що трубопровідну систему розглядаємо, як складну систему дискретного типу у поняттях DEvS (Discrete Event Specification). Її можна представити у вигляді рівняння:

$$M_{MT} = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, \tau \rangle, \quad (1)$$

де X — вхідна множина управляючих впливів, які представлені науковими основами системи техногенного захисту (тиск, фізико-хімічні властивості продуктів, що транспортуються, параметри стійкості окремого елемента труби і ланцюга з'єднаних зварюванням труб); S — множина станів системи (нормальна експлуатація, загроза аварії, зупинка з ремонтом попередження аварії, аварія, ліквідація об'єкта); Y — множина результуючих впливів системи (впливи природного, техногенного характеру, порушення вимог проектування, будівництва, експлуатації, пожежної, вибухової безпеки, мало циклічне навантаження та втома, старіння конструкції, процеси утворення гальванічних пар, стан ізоляції, порушення вимог технологічного регламенту та безпеки, терористичні акти тощо); $\delta_{int}: S \rightarrow S$ — внутрішня функція зміни стану системи (зниження якості вихідного продукту, продуктивності функціонування); $\delta_{ext}: Q \times S \rightarrow S$ — зовнішня функція зміну стану системи (низька конкурентна здатність продукції через її собівартість, зміни податкової політики, криза економіки, спад попиту, невідповідність якості продукції міжнародним вимогам нормативних документів, відсутність сертифікації); Q — стан системи, що «узагальнює, включаючи всю низку попередніх, поточних станів моделі»; $\lambda: Q \rightarrow Y$ — «цільова функція» тобто вихідна функція (прибуток, ефективність продукції, забезпечення екологічного імперативу, стандартів ISO); τ — функція перетворення в часі.

Як правило, імітаційні моделі, що застосовуються для дискретних систем, є характерними процесам виникнення місць аварій вздовж лінійної частини трубопровідної транспортної системи, що містять певний набір стандартних дискретних елементів (труб) певним чином з'єднаних між собою в лінійну частину. Ймовірність відмови (аварії) в ланцюгу послідовних елементів можна записати:

$$p_{\Sigma} = \sum p_i. \quad (2)$$

З множини елементів (труб), послідовно з'єднаних між собою, окремо кожний з яких має надійність $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{n-1}, \lambda_n, \lambda_{n+1}$, а також надійність з'єднання $\lambda_{з'єднання}$ формується ймовірнісна модель трубопровідної системи. Аналогічно будуються і імітаційні

моделі, які складаються з набору стандартних елементів (труб). Набори стандартних елементів називають паттернами моделювання. Слід відмітити, що при розробці інформаційних систем з використанням паттернів у моделі можуть бути виявлені ситуації неодноразового використання вже раніше розроблених елементів, які об'єднуються у бібліотеки спрощень. Такі бібліотеки викликають необхідність звертати увагу на проектування, а також розробку та узгодження використання окремих складових моделі.

«Узагальнена» модель може бути записана у приведеному вигляді, при умові, якщо вся множина структур моделей буде складатися з кінцевого (обмеженого) числа елементів (труб):

$$M_g = \{M_{g1}, M_{g2}, \dots, M_{gn}\}, \quad (3)$$

n — кількість варіантів структур моделей, кожна з яких характеризується власним набором паттернів моделювання і може бути представлена матрицями відношень:

$$M_{gk} : F^{(k)}(D \times L) > \{0, 1\}, \quad (4)$$

де $F^{(k)}$ — функція (трансформації) перетворення; $k = 1, n$ — варіант моделі; D — множина структурних компонентів, що складається з підмножини паттернів d_i , $i = 1, m$, що входять до складу структури моделі; L — множина, що характеризує можливі множини стану системи l_j , $j = 1, g$. При допущенні, що декартовий добуток визначено залежністю $(D \times L)$, функція перетворення $F^{(k)}$ означена і рівнозначно (адекватно) визначає структуру моделі, причому вона складається з кінцевого набору паттернів (d_i , $i = 1, k$), а також враховує особливості її функціонування. При виконанні викладених умов і відповідно до виразу (2) архітектура множини структур моделей, що можуть бути отримані за допомогою кінцевого набору паттернів визначаються матриці відношень:

$$\begin{aligned} M_{g1} : F^{(1)}(D \times L) &> \{0, 1\}; \\ M_{g2} : F^{(2)}(D \times L) &> \{0, 1\}; \\ &\dots; \\ M_{gn} : F^{(n)}(D \times L) &> \{0, 1\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Склад множини структурних компонентів D при виконанні (1, 3, 4) можна сформулювати:

$$D = \{X_p, S_p, Y_p, \tau_p\}; \quad (6)$$

де X_p — підмножина змінних вхідного впливу управління на структурні (складові) компоненти системи; S_p — підмножина змінних стану структурних складових системи; Y_p — підмножина змінних результуючих впливів на складові системи; τ_p — підмножина функцій часу для кожної складової системи.

При розгляді моделі безпеки трубопровідної системи щодо забезпечення потреб економіки вуглеводнями запропонована ієрархія множини структур моделей (5), що деталізується множиною структурних складових (6), не може охопити всі властивості характерні формальному опису складної системи. Спрощуючи виклад дослідження оптимізації моделі щодо компромісу між складністю, точністю й реалізацією аварії (події або явища) робимо висновок, що вирішення проблеми варто шукати на основі компромісних рішень у частині вибору найбільш спрощених, але продуктивних (змістовних) моделей при побудові імітаційних моделей безпеки МТ.

Будь-яку складну систему, наприклад, магістральний трубопровід, можна охарактеризувати через певний набір її структурних компонентів, які є необхідні для моделювання. Крім того, враховується стан систем, у яких вона може перебувати (так як модель, так і система). Структурні компоненти у зв'язку з їх відносною важливістю можуть бути задані їх ваговими характеристиками. Будь-яка система, що описується множиною станів може бути оптимізована. Загальна мета оптимізації структури моделі такої складної системи як МТ — знаходження компромісу між складністю і точністю та реалізацією моделі події (явища) підпорядковується теоремі невизначеності та усунення неадекватності реального процесу. Прийняття рішення про оптимізацію полягає у виборі набору елементів структурних складових з наявного запасу (резерву), щоб після їх включення в остаточно сформовану модель можна було досягнути вказану мету. Такій підхід формулюється як задача вибору в узагальненому вигляді.

Зробивши припущення, що $N = \{d_1, \dots, d_n\}$ — вся множина елементів бібліотеки модулів (БМ), з яких безпосередньо можуть

бути сформовані моделі на етапі моделювання. Кінцеву множину менеджерів позначимо через K , що управляють взаємодією між елементами бібліотеки у моделі. Менеджери необхідні для того щоб елементи БМ певним чином взаємодіяли один з одним лише відповідно до деякої технології, яка визначається окремо. Через $k^0, k^1, k^2, k_j, k_r, \dots, \in K$ позначимо менеджерів.

Для керування поведінкою своїх елементів БМ, а також взаємодією своєї моделі (СМ) з іншими менеджерами визначені правила кожного менеджера моделі. Така підлеглисть визначається формально. Припустимо, що $СМ \& N \& K$ — множина елементів моделі складної системи і визначимо множину ребер підлеглисті як $E \subseteq СМ \times K$. Зокрема, ребро підлеглисті $(d, k) \in E$. означає, що елемент БМ $(d \in СМ)$ — безпосередньо підпорядкований менеджеру $k_i \in K$, а ребро скеровано від елемента БМ до його менеджера k_i . Менеджер здійснює безпосереднє управління його функціонуванням. В такому випадку можна сказати, що модель $M_i \in СМ$ управляється менеджером $k_i \in K$, якщо існує ланцюжок ребер, які відбивають управляючий вплив від d до k [16]. Тобто припускаємо, що менеджер управляє елементами БМ, чи елемент БМ управляється менеджером і даємо дефініцію ієрархії. Через (N) позначимо множину всіляких ієрархій.

Ієрархією, що управляє множиною елементів БМ та N , при умові, якщо H ациклічне і для будь-якого менеджера, що має підлегли елементи БМ завжди знайдеться такий менеджер, якому підлегли всі менеджери, є орієнтований граф $H — (N \& K, E.)$ з множиною ребер управління $E \subseteq (N \& K) \times K$.

Ациклічність для системи трубопроводів означає, що одержаний граф управління не має замкнених контурів, які реалізують неконтрольовані зворотні зв'язки в моделі. Причому, дефініція виключає ситуації, в яких менеджери можуть існувати без підлеглих елементів БМ, тому що вказане суперечить ролі менеджера. Вимоги визначення також передбачають також обов'язковість присутності в ієрархії менеджер, який управляє (безпосередньо чи за допомогою інших менеджерів) усіма елементам БМ. Тобто, за вказаних обмежень регламентується, що серед множини елементів БМ і менеджерів існує принаймні один менеджер здатний усунути суперечності (конкурентну боротьбу за безпеку, ресурси, одночасну появу двох або більше сигналів місць аварії) між будь-якими елементами БМ, з яких утворюється модель складної системи.

Моделлю чи групою елементів БМ моделі $g \in N$ назовемо будь-яку не уявну підмножину з множин елементів БМ, що виконують заздалегідь визначені дії з моделювання об'єкта. Відповідно до визначення, кожен менеджер має, принаймні, хоча б один підлеглий елемент БМ. Починаючи з будь-якого елемента, можемо рухатися «зверху до низу» до підлеглих елементів. При такому русі обов'язково прийдемо до підлеглих елементів БМ менеджера k , при чому через ациклічність прийдемо до підлеглої групи БМ. Таким чином, кожному менеджеру k в будь-якій ієрархії N підпорядкована деяка група модулів моделі $g_H(k) \subseteq N$. Вважаємо, що менеджер k керує групою модулів із елементів БМ $g_H(k)$.

Можна припустити, що серед множини моделей є найпростіша модель $d \in N$ складається, як мінімум, з двох залежних складових: найпростішої групи $g_H(d) = \{d\}$, що містить один елемент БМ, і менеджера k моделі $d \in N$, керуючого найпростішою групою $g_H(d) = \{d\}$. Таким чином, для будь-якої ієрархії N і, відповідно, до будь-якого менеджера, $k \in K$ виконується умова:

$$g_H(k) = g_H(d_1) \cup g_H(d_2) \cup \dots \cup g_H(d_n), \quad (7)$$

де d_1, d_n — усі безпосередньо підлегли менеджерові k — елементи моделі. Для будь-якої підлеглої моделі d менеджера k справедливо відношення $g_H(d) \subseteq g_H(k)$.

Проведене дослідження імітаційної моделі забезпечення безпеки і стійкості трубопроводів (7) є основою для побудови інформаційно-вимірювальної системи забезпечення моніторингу стану МТ. Основною метою побудови моделі системи інформаційного забезпечення моніторингу МТ є всебічна інформаційна підготовка діяльності нафто-, газотранспортних компаній, МНС та МВС України у боротьбі з аваріями та злочинними проявами на основі комплексу організаційних, нормативно-правових, технічних, програмних та інших заходів. Головним завданням системи інформаційного забезпечення діагностики і надійності трубопроводів є:

- забезпечення можливості оперативного отримання інформації в темпі процесу діагностики в систематизованому, повному та зручному для користування працівниками та підрозділами служб безпеки МТ, МВС, МНС вигляді для запобігання і ліквідації аварій, розкриття, розслідування, запобігання злочинам і розкриття злочинних схем викрадення вуглеводнів з МТ;

- збір та обробка інформації моніторингу стану МТ, збір та обробка, оперативно-розшукової, оперативної, аналітичної, статистичної інформації для оцінки ситуації та прийняття обґрунтованих оптимальних рішень на всіх рівнях діяльності;

- забезпечення ефективної інформації щодо взаємодії всіх галузевих служб МНС, МВС інших правоохоронних органів та державних установ;

- узагальнення імітаційної моделі та оцінка її точності;

- прийняття оптимальних рішень повинно враховуватися на основі використання підтримки прийняття управлінських рішень (поведінка менеджерів управління).

Аналізуючи завдання ІВС в системі забезпечення безпеки МТ, можна зробити попередні висновки:

1. При побудові імітаційних моделей виявлення попередників аварій (течі вуглеводнів) з МТ може бути виконаний формалізований опис моделі.

2. Розглянуто деякі особливості побудови імітаційних моделей течі вуглеводнів через несущільності стінок МТ, запропоновано використання методу послідовної ієрархії для підвищення якості функціонування моделі.

3. Застосування вказаного методу послідовної ієрархії управління моделлю при дослідженні складних, динамічних, потенційно-небезпечних об'єктів та систем, розширює їх використання в діяльності МНС та ОВС України.

4. В розробці алгоритмів для побудови імітаційних моделей з використанням ієрархії управління з метою впровадження отриманих результатів у практичну діяльність служб та підрозділів трубопровідних транспортних компаній, МНС і МВС щодо забезпечення державної та національної безпеки полягає подальший напрямок досліджень.

Таким чином, впровадження отриманих теоретичних результатів у практичну діяльність щодо попередження та запобігання аваріям та оперативна ліквідація їх наслідків на МТ базується на пошуку місць витоку продукту і генерації шумоакустичних сигналів течі вуглеводнів, що корелюють з розміром несущільності, через місця порушення герметичності (несущільність) стінки труби рознесених у часі та просторі. Структурна схема інформаційно-виміральної системи (ІВС) внутрішньотрубною дистанційною

робототехнічної системи шумоакустичної діагностики виявлення течі (внутрішньотрубної діагностики обміну інформації за механізмом течі) приведена на рис. 4.

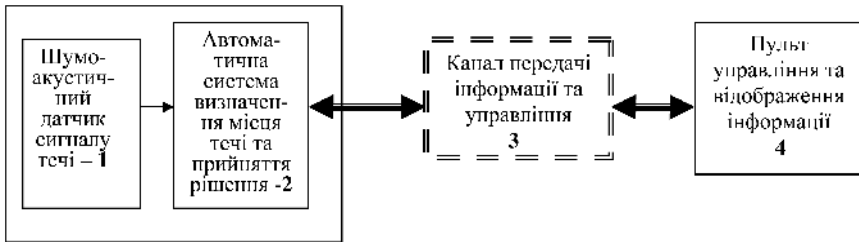


Рис.4. Структурна схема ІВС пошуку течі-відводу.

Основою ІВС оцінки стану трубопроводу та виявлення місць несущільності за наявності течі є дистанційна зондова установка (робот) виявлення течі продукту (чи корозії стінок трубопроводу), що рухається всередині трубопроводу, і складається з [17]: акустичних датчиків шуму — 1, рознесених у просторі, та сумішених: автоматичної системи управління рухом зондового пристрою з бортовим джерелом енергії і системи визначення місця течі (координат) та прийняття рішення щодо її розмірів — 2; каналів передачі інформації про місце течі та її розміри — 3; пульта управління руху зондовим пристроєм та відображення отриманої інформації — 4. Результати досліджень спектральних характеристик реології ньютонівських та не ньютонівських рідин через несущільності приведені в дослідженнях [7].

Розроблена структура ІВС пошуку несущільностей за наявності течі з трубопроводів побудована за класичною схемою, є типовою й характерною для всіх видів інформаційних систем [14] і приведена в [17]. Тобто, в ІВС має місце обмін інформацією за сигналами течі. Економічною оцінкою небезпеки трубопровідних систем постачання вуглеводнів — ризик, тобто збитки від аварій, надзвичайних ситуацій, що можуть виникати з певною вірогідністю, у будь-яких системах, в тому числі, технічних, ергатичних, незалежно від їх функціональної належності та складності, що оцінюється моделлю ризику R , як відхиленням від мети діяльності

$$R = p \times III = p \times p_{\text{умов}} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\text{Pr}} e^{-t/2} dt, \quad (8)$$

де p , $p_{\text{умов}}$ — ймовірність та умовна ймовірність подій; III — збитки завдані аварією; Pr — пробіт функція, $Pr = a + b \ln D$; a , $b = \text{const}$, D — небезпечна доза (рівень) впливу конкретного фактора; t — поточний час розвитку подій.

Дослідження показують, що аварії, катастрофи, НС набагато економічно вигідніше попереджувати, ніж ліквідувати. Зробимо порівняльний аналіз економічної оцінки ризику техногенної аварії на трубопроводі $R_{\text{аварії}}$ з урахуванням вартості заходів щодо забезпечення безпеки на об'єкті та шкоди у разі аварії. На рис. 5 для встановленої ймовірності $p(A)$ виникнення аварії (витоку вуглеводнів, пожежі, вибуху) на об'єкті на протязі року [2] визначається співвідношення між ризиком (крива 1), шкодою (2) та вартістю (витратами) протиаварійних (протипожежних) заходів (3) щодо забезпечення безпеки:

$$p(A) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - p_i] = \text{const}, \quad (9)$$

де p_i — ймовірність виникнення аварії (розлиття вуглеводнів, пального, пожежі) в i -му елементі об'єкта протягом року; n — кількість елементів з яких складається об'єкт. Під елементом трубопроводу розуміємо технологію завчасно підготовлених, послідовно з'єднаних зварюванням у «секцію-нитку» з трьох труб на «підготовчому столі» трубоукладацького комплексу.

Виникнення аварії в будь-якому з елементів множини об'єкта (подія — i) обумовлено виникненням аварії, пожежі, вибуху в одному (m — кількість апаратів) з технологічних апаратів $p(TA)$, що знаходяться поза приміщенням (подія TA), або безпосередньо в обсязі досліджуємого об'єкта $p(ПО)$ (подія $ПО$). Ймовірність оцінюється за формулою:

$$p_i = 1 - \left\{ \prod_{j=1}^m [1 - p_j(TA)] \right\} [1 - p_i(ПО)], \quad (10)$$

Залежність ймовірності втрат (шкоди) від аварії ілюструє рис. 5, що виражається залежністю: $y_1 = \exp(-B_1 t)$, де B_1 — витрати

поточного часу на протиаварійну безпеку об'єкта, території, технологічного процесу тощо; t — поточний час.

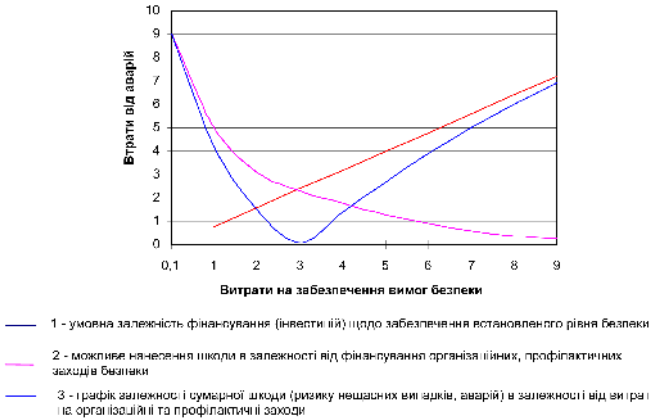


Рис. 5. Співвідношення між витратами (ризиком) щодо забезпечення вимог безпеки та втратами від аварій.

Результуюча крива 3 показує в динаміці, що чим більші (менші) витрати на забезпечення безпеки, тим збитки (шкода), в будь-якій формі (економічні, моральні, тощо), від аварії будуть менші (більші). Закон зміни впливу витрат на забезпечення безпеки об'єкта визначимо залежністю: $y_2 = k B_1$ ілюструє крива 2. Вирішивши систему наведених двох рівнянь, знаходимо точку перегину для мінімальних значень рішення функції ризику. Ця точка на площині має координати $R \rightarrow \min$ для $y_1 = |-y_2|$. Таким чином, мінімальна величина ризику аварії (пожежі) об'єкта, системи R_{\min} буде відповідати заданому закону забезпечення безпеки $y_2 = k B_1 = const$ для встановлених масштабів збитків. Зміна закону забезпечення безпеки $k_i \neq k$ змінюватиме величину витрат на забезпечення безпеки $B_i = y_2 / k_i$, а це в свою чергу змінить розміри заподіяної шкоди. Таким чином можливо побудувати сімейство кривих ризику для різних витрат на безпеку та оптимізувати ризик при наявній фінансовій можливості об'єкта, підприємства, технологічного процесу на протязі року та встановити відповідні ставки щодо страхування громадської відповідальності. А це дає відповідь на питання, чи потрібно

вкласти більше коштів або скільки, при встановленому рівні ймовірності виникнення аварії та забезпечення безпеки?

Не менш важливим аспектом ІВС, крім моніторингу виявлення, попередження та запобігання аварій, є також оперативна система «екологічно чистої» ліквідації аварій на МТ. Система передбачає при виявленні місця аварії-течі проведення комплексу робіт, що дозволяє ліквідувати наслідки аварії, зменшивши час простою МТ та забруднення навколишнього середовища. Оперативність досягається використанням технології безарматурного перекриття трубопроводів. Суть безарматурного перекриття трубопроводів полягає в локальному різкому охолодженні оболонки трубопроводу та рідини, що знаходиться в ньому. Заморожена рідина на ділянці трубопроводу утворює тимчасову перепону за рахунок сил адгезії поверхні речовини, що знаходиться у твердому агрегатному стані, з внутрішньою поверхнею трубопроводу.

Проведені авторами дослідження показали, що зміна температур під час заморожування рідини до низьких температур не впливає на фізико-механічні властивості металу труб [18], не зменшує конструктивну надійність об'єкта [17] та дозволяє керувати в часі стійкістю утворення безарматурного перекриття трубопроводу, не вимагає спорожнювання вмісту всієї лінійної частини трубопроводу. Тобто аварія на трубопроводі, практично, не є джерелом екологічного забруднення навколишнього природного середовища. Технологічна схема перекриття ділянки трубопроводу з метою його оперативного ремонту приведена і пояснюється на рис. 6.

Науковим підґрунтям, що покладено в основу методу безарматурного перекриття трубопроводів є теорія нарощування аморфної речовини з рідини, що транспортується по трубопроводу, яка обмежена оболонкою труби. Вказана задача відноситься до класу задач Стефана, в якій тепло-масообмін у двофазній системі розглядається при рухомій межі (границі) розділу фаз при умові, що її розташування змінюється в часі.

Основні положення та результати математичного моделювання процесів кінематики перекриття трубопроводу методом заморожування, економічні показники приведені в роботі [18]. Заморожування перепони проводиться з використанням зрідженого азоту.

У відповідності до розрахункової схеми [18], що використовує елементи для математичної моделі процесу, в якій враховані особ-

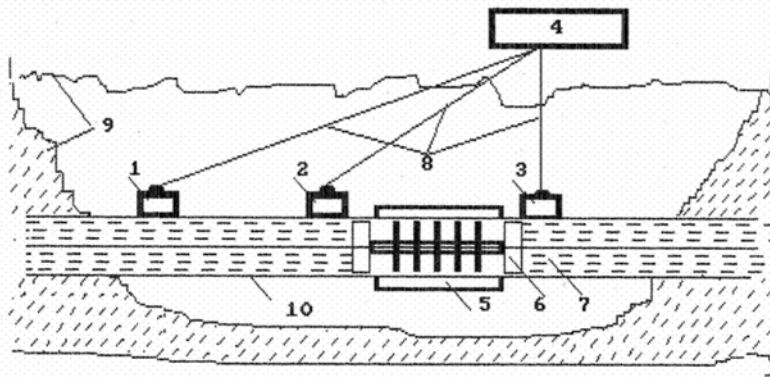


Рис. 6. Технологічна схема безарматурного перекриття трубопроводів методом заморожування рідини з використанням поршня, що рухається всередині трубопроводу, що підвищує локальну швидкість охолодження рідини, де 1—3 — датчики місця знаходження поршня; 4 — система контролю поршня; 5 — камера охолодження; 6 — поршень; 7 — продукт, що транспортується трубопроводом; 8 — лінії зв'язку; 9 — ґрунт; 10 — трубопровід.

ливості і специфічні граничні умови, проведено теоретичне обґрунтування процесу перекриття трубопроводу методом заморожування в ньому рідини. Відповідно до моделі теплопередачі здійснюється від води з температурою $T_w(x, r, t)$ через лід. Лід, у свою чергу, має розподіл температур $T_l(x, r, t)$, а матеріал труби — $T_m(x, r, t)$ до температури азоту в холодильній камері з температурою $T_a(x, r)$, де t — час; x, r — поточні, відповідно, подовжня координата і радіус. При теплопередачі слід враховувати зміну в часі положення межі розділу фаз $x(t) [0, R_0]$, а також ступінь заповнення холодильної камери рідким азотом, що на практиці пов'язане із змінною витратою азоту $G_a(t)$, а також нестационарністю умов теплопередачі. Холодильна камера заповнюється двома принципово різними методами: подачею хладагента знизу і методом Козицького з схемою подачі хладагента «зрошуванням». Для спрощення розгляду процесів теплопередачі вважаємо, що заповнення холодильної камери хладагентом здійснюється знизу.

У такій постановці математична модель процесу теплопередачі через стінку трубопроводу і наростаючий крижаний масив опи-

сується ідентичними двовимірними диференціальними рівняннями теплопровідності в циліндрових координатах.

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} r \left(\frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial \Theta} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial \Theta} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(r \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right], \quad (11)$$

де r , Θ , z — радіус, кут і координата в циліндричній системі координат; T — температура середовища.

Рівняння (10) для стінки трубопроводу розглядається в постійних межах $R_0 \leq r \leq R_n$; $0 \leq x \leq L_{\text{розр}}$, де $L_{\text{розр}}$ — довжина розрахункової ділянки трубопроводу. Для льоду рівняння (10) справедливе в області, обмеженій лініями: $x = 0$; $r = R_0$ і кривій $x_{\text{гр}}(t) = f[r_{\text{гр}} \tau]$.

Опускаючи подальші перетворення, приводимо кінцеве рішення задачі для оброблених експериментальних даних тепловіддачі при кипінні рідкого азоту в тонкій плівці стосовно умов заморожування води в трубопроводі. Отримані наступні моделі для питомого теплового потоку [Вт/(м²град)]:

$$\begin{cases} 2400\pi \times \Delta T^{0,68} & \Delta T < 4,2^{\circ}; \\ 1478,6\pi \times \Delta T^{1,04} & 4,2 \leq \Delta T \leq 7,6^{\circ}; \\ 2398,6\pi \times \Delta T^{2,167} & 7,6 \leq \Delta T \leq 30^{\circ} \end{cases} \quad (12)$$

З аналізу моделей витікає, що при різкому охолодженні трубопроводу необхідно враховувати додаткову напругу, що виникає в стінці матеріалу і оцінювати її. Основний внесок до створюваного рівня напруги вноситься градієнтом температури по товщині стінки. При цьому найбільший рівень напруги повинен досягатися в радіальному напрямі $\sigma_{R_{\text{max}}}$ на поверхні труби в суміжній області і на краях морозильної камери. Напругу у радіальному напрямі можна оцінити за формулою

$$\sigma_{R_{\text{max}}} = \frac{E\alpha}{2} \left[\sqrt{\frac{1+\mu}{3(1+\mu)}} \Delta T + \Delta T \right], \quad (13)$$

де ΔT — градієнт температури по товщині стінки, що не перевищує температури, рівної 80°C; m — коефіцієнт Пуассона; E —

модуль пружності матеріалу труби; α — коефіцієнт лінійного розширення.

Для стандартних трубопроводів і кліматичних умов України значення коефіцієнтів, що описують процес заморожування води в трубах, прийняті з [19], а для (12)

$$\sigma_{R_{\max}} = \frac{2,05 \times 1,64}{2} \left[\sqrt{\frac{1,3}{2,1}} \times 80 + 80 \right] \cong 240 \Delta \text{МПа.} \quad (14)$$

При нарощуванні і утворенні крижаного цілику з рідини допускаємо, що всередині трубопроводу стінка труби рівномірно охолоджується і напруга суміжної області труби з камерою знижується до незначних значень. Таким чином, вплив утворення крижаної пробки (цілику) на ресурсоздатність зводиться до обліку додаткового циклу локального вантаження трубопроводу з амплітудою умовно-пружної напруги, рівної $\sigma_{R_{\max}/2}$, і кількістю циклів NL , граничне число яких не перевищує 40.

За темою досліджень НДР Науково-дослідного інституту пожежної безпеки МВС України «Дослідити та розробити методологічні основи дистанційної діагностики стану технологічних об'єктів (трубопроводів) транспорту вуглевмісної та вуглеводнево вміщуючої сировини, природного газу (палива) з метою попередження та запобігання аварій» результати роботи впроваджені у народне господарство (виробництво): акт впровадження від 17.11.1995 р. на трубопроводах тресту «Київспецсільгоспмонтаж»; акт впровадження результатів досліджень запобігання та оперативного ремонту МТ у навчальному процесі Академії управління МВС від 30.10.2009 р. при викладанні предмета «Державне управління у сфері цивільного захисту». Розроблена методологія та технічні рішення системи раннього виявлення дефектів (течі) на етапі експлуатації та випробувань в трубопроводах мають пріоритети, що захищені:

1. Ас. № 1601535, МКИ, G 01 M3/24. Спосіб контролю герметичності изделий и устройство для его осуществления / Шиян В.Д., Кудряшов Ю.П., Сабарно Р.В., Фоменко И.А. // Открытия, Изобрет. — 1990. — № 37.

2. Пат. №41729А (2001021277) UA, МПК 7 G01M3/24. Високочутливий активний спосіб ранньої діагностики нафтогазопроводів. / Ю.Є. Шамарін (UA), В.Д. Шиян (UA), Т.М. Яценко (UA) Заяв. 22.02.2001 // Открытия, Изобрет. — 2001. — № 8.

Висновки

1. Специфіка об'єктів транспорту та зберігання нафти і нафтопродуктів, як об'єктів потенційно можливого негативного впливу на природне середовище полягає в тому, що найбільш ефективними природоохоронними заходами є рішення проблеми щодо запобігання та попередження аварійних ситуацій. Заходи щодо попередження виникнення аварій дозволяють знизити їх наслідки, масштаби і зменшити завдані збитки. Для зменшення наслідків аварій доцільно застосувати комплекс заходів, спрямованих на забезпечення надійності об'єктів на всіх стадіях здійснення проекту.

2. Розроблені методи та обладнання ІВС шумоакустичної діагностики раннього попередження аварій на основі дослідження частотних характеристик сигналів течі через тріщини-несуцільності в оболонці трубопроводу дозволяють прогнозувати розвиток аварій.

3. Аналізуючи завдання ІВС в системі забезпечення безпеки МТ можна стверджувати (зробити наступні висновки):

а) Виконано формалізований опис моделі, що може бути використаний (опис) при побудові імітаційних моделей течі вуглеводнів з МТ.

б) Розглянуто деякі особливості побудови імітаційних моделей течі вуглеводнів через несучільності стінок МТ, запропоновано використання методу послідовної ієрархії для підвищення якості функціонування моделі. Зроблено висновки щодо можливості використання вказаного методу управління моделлю при дослідженні складних, динамічних, потенційно-небезпечних об'єктів та систем, їх використання в діяльності МНС та ОВС України.

в) Подальший напрямок досліджень полягає в розробці алгоритмів для побудови імітаційних моделей з використанням ієрархії управління з метою впровадження отриманих результатів у практичну діяльність служб та підрозділів трубопровідних транспортних компаній, МНС, МВС щодо забезпечення державної та національної безпеки.

4. Основною причиною екологічного забруднення НПС від впливів аварій на МТ є тривала експлуатація, відсутність засобів дистанційної діагностики та контролю трубопроводів. Зменшення аварійності й екологічного навантаження вимагає додаткових витрат на обов'язкові заходи фізичного, дистанційного захисту.

5. Сприяють підвищенню кількості аварій на лінійній частині трубопроводів, які раніше охоронялась підрозділами внутрішніх військ МВС України, дії злочинців з викрадення вуглеводнів через штучні «врізки». Національна безпека держави залежить від сталого постачання вуглеводнів в інтересах Збройних Сил України, Цивільної оборони, то забезпечити безпеку таких об'єктів від злочинних посягань можливо тільки за рахунок відновлення їх фізичної охорони силами ОВС, ВВ МВС України.

6. Для фізичного захисту МТ розроблені методи та обладнання шумоакустичної діагностики раннього попередження аварій на основі дослідження частотних характеристик сигналів течії через тріщини-несуцільності в оболонці трубопроводу, які дозволяють прогнозувати розвиток аварій за станом динаміки змін розвитку несущальностей та попереджувати їх виникнення.

* * *

1. Про правові основи адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу: Закон України від 18.03.2004 р. № 1629.

2. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

3. ДСТУ 3273-95. Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги. — К.: Держстандарт України, 1996. — 11 с.

4. ГОСТ 12.3.002-75. Процессы производственные. Общие требования безопасности. — М.: Изд-во стандартов, 1983. — 8 с.

5. Дубова Л.А. Совершенствование методики оценки ущерба, наносимого окружающей среде при отказах магистральных трубопроводов // Л.А. Дубова, Г.В. Лаповок. — М.: 1983. — 32 с. (Сер. Строительство предприятий нефтяной и газовой промышленности: Заруб. инф./ Информнефтегазстрой, Вып.11).

6. Кримінальний кодекс України: Закон України від 5.04.2001 р. № 2341.

7. Шиян В.Д. Терористичні загрози та безпека трубопровідних систем ПЕК України // В.Д. Шиян / Національна безпека: український вимір: шокв. наук. зб. / Рада нац. безпеки і оборони України, Ін-т пробл. нац. безпеки. — К.: 2009. — Вип. 3. — С. 38—42.

8. Чепельська Т. Діра в трубі — діра в бюджеті // Т. Чепельська. — Іменем закону, № 34, 2009. — С. 7—8.

9. Легасов В. Проблемы безопасности развития техносферы / В. Легасов. — Коммунист, № 8, 1987. — С. 92–101.

10. Про правові засади цивільного захисту: Закон України від 24.06.2004 р. № 1859.

11. Про затвердження правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення: Наказ МНС України № 288 від 15.05.2006 р.

12. Методика оцінки збитків від наслідків аварій надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру: Постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 р. № 175.

13. Про стан функціонування єдиної державної системи запобігання та реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру: Указ Президента України від 26.06.2008 № 590.

14. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы / П.П. Орнатский. — К.: Вища школа, Головное изд-во, 1980. — 560 с.

15. Гуц А.К. Социальные системы, Формализация и компьютерное моделирование / А.К. Гуц, В.В. Коробицын, А.А. Лаптев и др. — Омск.: Омск. Госуд. ун-т, 2000. — 160 с.

16. Пападимитриу Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность/ Х. Пападимитриу, К. Стейнглиц. — М.: Мир, 1985. — 512 с.

17. Шиян В.Д. Вплив магістральних трубопроводів на екологічну безпеку // Національна безпека: український вимір: шокв. наук. зб. / Рада нац. безпеки і оборони України, Ін-т пробл. нац. безпеки. — К., 2009. — Вип. 5. — С. 58–65.

18. Вайсман С.М. Возможности процессов интенсификации процессов замораживания ледяных пробок в испытываемых трубопроводах / С.М. Вайсман, В.И. Козицкий, В.И. Миленький, В.Д. Шиян. — Химическое машиностроение. — 1988. — № 48. — С. 96–98.

19. Черний В.П., Колотилов Ю.В. Область допустимого давления и температуры в процессе испытаний трубопровода / В.П. Черний, Ю.В. Колотилов. — Строительство трубопроводов. — 1984. — № 6. — С. 40–42.

Отримано: 12.08.2010 р.