

Т. М. Яцишин, Івано-Франківськ

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИНАХ

Abstract. The sources of pollutants entering the surface layer of the atmosphere during the drilling for oil and gas wells have been analyzed. The methods of calculating the volume and distribution of pollutants in the ambient air have been reviewed. The importance of the time factor in the localization of emergency situations has been determined. Recommendations and technical improvements for improvement environmental safety level at the drilling rig site have been made up.

Актуальність

Нафтогазовидобувні роботи пов'язані з постійним ризиком негативного впливу на навколишнє середовище. При спорудженні нафтогазових свердловин присутні джерела забруднення довкілля, зокрема атмосферного повітря, різного характеру: організовані та неорганізовані.

Документація, що розробляється на спорудження свердловин, окрім впливу на довкілля звичайного технологічного процесу, не містить імовірних сценаріїв впливу аварійних ситуацій та їх наслідків, які дають можливість оцінити реальні ризики для довкілля виконуваної діяльності. Підвищення рівня управління екологічною безпекою та раціонального природокористування потребує розробки динамічних інформаційних ресурсів, що дають можливість оцінити як існуючу, так і поточну ситуацію території впливу нафтогазовидобутку. Можливість створення прогнозу впливу на довкілля нафтогазовидобувної діяльності базується на використанні методик розрахунку шкідливих викидів від організованих та неорганізованих джерел забруднення.

Виникає необхідність здійснити аналіз існуючих методик визначення забруднення атмосферного повітря під час спорудження нафтогазових свердловин, які базуються на різних моделях та реалізовані у конкретних програмних комплексах.

Постановка задачі

Для підвищення екологічної безпеки приземного шару атмосфери під час нафтогазовидобутку, необхідно вирішити низку завдань: проаналізувати характер джерел надходження шкідливих речовин в довкілля; визначити конструктивні особливості обладнання, з якого відбувається потрапляння в довкілля полутантів; проаналізувати існуючі методики розрахунку забруднення приземного шару атмосфери джерел різного походження, зокрема при аварійних ситуаціях; запропонувати рекомендації та технічні заходи, що дадуть можливість зменшити негативний вплив на довкілля спорудження нафтогазових свердловин.

Вирішення задачі

Проведення нафтогазовидобувних робіт пов'язане із постійним надходженням в навколишнє середовище забруднюючих речовин (ЗР). Можливі причини та шляхи їх потрапляння в довкілля поділяються на технологічні та аварійні. В процесі регламентованих технологічних операцій існують організовані та неорганізовані джерела викидів. До організованих джерел викидів належать спеціально споруджені газоходи, труби, повітроводи. Неорганізований викид характеризується не направленістю потоків газопилової суміші в результаті порушення герметичності обладнання, відсутності або незадовільної роботи обладнання по відсмоктуванню газопилової суміші в місцях перевантаження, вивантаження або зберігання продукту. В таблиці 1 наведено типи викидів при спорудженні нафтогазових свердловин.

Таблиця 1

Технологічні операції при спорудженні свердловини, які є джерелами викидів ЗР

Організовані викиди	Неорганізовані викиди
<ul style="list-style-type: none">– Факельна система для спалювання супутнього газу.– Труби для відводу відпрацьованих газів дизель генераторів.– Продукти згорання палива в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ).	<ul style="list-style-type: none">– Пороховикиди при приготуванні бурового розчину (БР).– Продукти згорання електродів при зварюванні під час будівельно-монтажних робіт.– Продукти випаровування з ємності для зберігання дизельного палива.– Продукти випаровування з відкритих частин насоно-циркуляційної системи (НЦС) бурової установки.– Продукти вільного випаровування з поверхні амбарів накопичувачів.– Матеріали і хімреагенти для приготування промивних рідин і тампонажних розчинів.

В окрему групу доцільно виділити аварійні ситуації при спорудженні нафтогазових свердловин як джерело неорганізованих викидів. Серед найбільш небезпечних аварійних ситуацій є газонафтоводопрояви (ГНВП) та відкриті фонтани (ВФ), наслідки яких носять катастрофічний ефект для навколишнього середовища. Причинами, що сприяють виникненню аварійних ситуацій можна назвати такі, як: застаріле обладнання та технології, людський фактор (невідповідальне ставлення до виконуваної роботи, недостатній рівень кваліфікації персоналу), недостатня підготовка дій персоналу при аварійній ситуації.

Аварійні викиди поділяються на короточасні та стаціонарні. Прикладом аварійної ситуації, яка може класифікуватись як стаціонарне джерело викиду, є відкритий фонтан на свердловині Тенгіз 37, де за 192 дні фонтанування свердловини в атмосферу було випущено біля 2 млрд.м³ газу і 3,1 млн. тон нафти загальною вартістю \$2,5млрд [1]. При аварійних ситуаціях типу ВФ забруднення довкілля відбувається комплексно і на значні площі. Шкідливі речовини у колосальних кількостях потрапляють в атмосферу, у залежності від метеорологічних умов розносяться на великі відстані і поглинаються

підстилаючою поверхнею (грунтами, рослинністю, водними об'єктами тощо). На даний час оцінка впливу на довкілля неорганізованих джерел викидів, зокрема аварійних (ВФ та ГНВП) потребує досконалого вивчення.

Розглядаючи тільки НЦС бурової установки, можна відзначити шлях проходження бурового розчину по низьконапірній частині циркуляційної системи в процесі звичайних технологічних операцій [2]. У існуючих НЦС всі ємності не герметичні, відкриті, буровий розчин (промивальна рідина), який насичений шкідливими, небезпечними для здоров'я речовинами випаровується. Особливо інтенсивне випаровування проходить, коли буровий розчин надходить із свердловини при високій температурі.

На рис. 2а показано шламовий амбар як джерело надходження в приземний шар атмосфери шкідливих випарів шляхом випаровування.



а



б



в

Рис. 2. Неорганізовані джерела викидів шкідливих речовин при спорудженні нафтогазової свердловини: а) амбар накопичувач; б) блок тонкої очистки бурового розчину; в) перемішування бурового розчину у відкритому резервуарі

Блок тонкої очистки бурового розчину (рис. 2б) також є джерелом викидів, які потрапляють як з обладнання для тонкої очистки, так і з резервуарів для зберігання бурового розчину. В деяких модифікаціях бурових установок вони знаходяться під решітчастою підлогою і їх випари накопичуються в приміщенні, де працює персонал. На рис. 2в показано

процес перемішування бурового розчину у відкритому резервуарі, що сприяє інтенсифікації надходження шкідливих речовин в приземний шар атмосфери.

Серед неорганізованих джерел викидів існують такі, які не облікуються і не розраховуються в проектній документації на буріння свердловини, однак вони здійснюють негативний вплив як на атмосферне повітря так і на водне, ґрунтове середовище та рослинний світ. Хотілося б відмітити спуско-піднімальні операції (СПО) при бурінні свердловин, які супроводжуються розливами на робочу площадку бурового розчину (рис. 3а) та неякісним очищенням бурових труб від бурового розчину, де як очисний пристрій використовуються саморобні очищувачі (рис. 3б).



а



б

Рис. 3. Забруднення території бурової установки при спуско-піднімальних операціях: а) розливи бурового розчину при сифонах; б) саморобний очисний пристрій

Забруднення робочої площадки буровим розчином порушує вимоги техніки безпеки, здійснюючи негативний вплив на обслуговуючий персонал та довкілля [2]. Розрахунки проведені в [2] показали, що при СПО за досліджуваній відрізок часу в довкілля потрапляє шляхом випаровування приблизно $10,5 \text{ м}^3$ бурового розчину.

В роботі [3] наведено приклад аналізу обладнання бурової, де виявлено джерела найбільш інтенсивного надходження ЗР в приземний шар атмосфери на різних ділянках НЦС. Інтенсивність впливу змінюється в залежності від проведення певних технологічних операцій та виробничих ситуацій.

ЗР внаслідок турбулентної дифузії та під дією вітру розповсюджуються по території бурової та за її межі, що створює великий ризик токсичної дії на обслуговуючий персонал та населення прилеглих територій, а при аварійних ситуаціях (ГНВП та ВФ) негативного впливу зазнають значно більші території. Тому необхідно мати можливість максимально достовірно визначати об'єми надходження ЗР та створювати прогнози поширення їх в ПША для вчасного прийняття рішень та реагування на нештатні ситуації різного роду. На сьогоднішній день актуальним є розробка можливих сценаріїв розвитку аварійних ситуацій: вибір місць спостережень, визначення номенклатури речовин, що вимірюються, частоти і термінів проведення спостережень, організації контролю чинників, що сприяють поширенню забруднювачів.

Для одержання результатів наближених до імовірних реальних необхідно враховувати значну кількість факторів: кліматичні умови зони впливу, рельєф місцевості, технологічний процес, стан та конструктивні особливості обладнання, характеристики джерел викиду (висота, площа, інтенсивність, тривалість тощо), властивості ЗР.

Розрахункові методи дозволяють отримувати наближені оцінки величин викидів, необхідні для складання проектної та перед проектної документації, розробки планів заходів по скороченню викидів у навколишнє середовище. Однак розрахункові методи непридатні для експрес-контролю, систематичних обстежень і контролю у випадках залпових та аварійних викидів таких як ВФ.

Для розрахунків забруднення навколишнього середовища, в тому числі ПША використовуються різні методики та моделі поширення політантів, але варто розділити методики, які спрямовані на розрахунок шкідливих викидів безпосередньо біля місця аварії і поширення домішок в приземному шарі атмосфери.

В Україні законом затверджена методика ОНД-86 для розрахунку впливу атмосферних викидів, яка реалізована в програмі Еол-плюс. ОНД-86 не є динамічною моделлю, в якій визначається тільки річний максимум, а не динаміка концентрацій у часі. Дана методика враховує тепловий і динамічний підйоми струменів забруднювача для розрахунку «небезпечної швидкості вітру», але її недоліком є нездатність оцінити концентрацію домішки для різних метеорологічних умов, а також провести розрахунки розсіювання домішок на великі відстані, де починає позначатися верхня межа граничного шару [4].

Робочою моделлю Міжнародного агентства з атомної енергетики є Гаусова модель розсіювання домішок при широкому спектрі метеорологічних умов. Для врахування будь-яких метеорологічних ситуацій у цих моделях забруднення атмосфери використовуються класи стійкості: А – сильна конвекція; В – конвекція; С – помірна конвекція; D – нейтральна; Е – інверсія; F – сильна інверсія. Є можливість вибрати сценарій моделювання, задати ймовірнісну швидкість вітру за розою вітрів для

сценарію середнє забруднення за період, інтенсивність опадів, розрахувати ризики, порівняти розрахункові дані з даними моніторингу тощо.

Методика представлена в [5] здійснює розрахунок викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище від неорганізованих джерел до яких належать викиди: від нещільності технологічного обладнання у виробничих приміщеннях, не оснащених вентиляційними установками або розташованих на відкритому повітрі; з'єднань трубопроводів і ущільнень запірно-регулюючої арматури; від нафтоуловлювачів, ставків-відстійників, випарників; при земляних, зварювальних, лакофарбових роботах, механічній обробці металів та від пересувних джерел.

Величини цих викидів (фактичні або прогнозовані), як правило, в багато разів перевищують неорганізовані викиди при регламентних режимах роботи. Вони використовуються при необхідності оцінки можливих максимальних разових концентрацій або середніх рівнів забруднення атмосфери відповідно до ГОСТ 17.2.1.03-84. В останньому випадку ці величини підсумовуються з неорганізованими викидами при регламентному режимі в межах заданого тимчасового інтервалу (місяць, рік) [5].

В процесі аварійних викидів при нафтогазовидобувних роботах в атмосферу надходять вуглеводні парафінового ряду (граничні вуглеводні) з числом атомів вуглецю від 1 до 6 (в менших кількостях вуглеводні ароматичного – бензол, толуол, ксилоли – і нафтенного – циклопентан, циклогексан і їх метилпохідні – рядів), сірководень, двоокис сірки тощо [5]. При аварійному нафтогазовому фонтані паливо розливається по підстилаючій поверхні, що поділяються на чотири типи [6]: водна поверхня; інертний ґрунт з відомою пористістю і проникністю; ґрунт, вкритий рослинністю, яка, вбираючи нафту і нафтопродукти, згорає разом з вуглеводневим паливом; болота, які представляють сукупність живих болотних рослин, відмерлих рослин, а також вільної та зв'язаної в рослинах води.

Горіння являє собою хімічне перетворення, що швидко протікає і супроводжується виділенням теплоти, світла та шкідливих речовин в атмосферу. Неконтрольоване горіння – це складний фізико-хімічний процес, на швидкість якого впливає не тільки хімічна реакція, але і неконтрольований притік окислювача з навколишнього середовища.

Особливістю ГНВП і ВФ є те, що потік горючого агенту безперервно поповнюється новими порціями зі свердловини, що дає підстави вважати ВФ як джерело постійного викиду. Негативний вплив на довкілля відкритого палаючого фонтану в нічний і денний час має свої особливості. В нічний період велика кількість тварин та птахів потрапляє у полум'я.

В методиці [6], яка може використовуватися для визначення екологічного збитку в результаті неконтрольованого горіння нафти і нафтопродуктів, розлитих на різних типах підстилаючих поверхонь наводиться алгоритм розрахунку викидів в приземний шар атмосфери:

– збір даних з місця аварії (Екологічний паспорт території аварії) та оцінка розлитих нафтопродуктів;

- визначення типу підстилаючої поверхні;
- вибір адекватної математичної моделі;
- обчислення викидів забруднюючих речовин та при необхідності поточних викидів;
- оцінка екологічних збитків.

Для розрахунку неконтрольованих викидів на нафтогазових свердловинах рекомендується враховувати такі основні показники родовищ, що розробляються: глибина залягання продуктивного пласта, газовий фактор, пластові умови, геометричні особливості конструкції свердловин, умови закінчення викиду в атмосферу або під водою. При конкретних сценаріях аварій пропонуються наступні методики: методики розрахунку усталених викидів з врахуванням ефекту розгазування пластової нафти і критичного закінчення пластового флюїду при його виході в навколишнє середовище (для нафтових родовищ); методики розрахунку інтенсивності витікання газу при фонтануванні свердловини з урахуванням її модифікації (для газових родовищ) [7].

Об'єм викиду також залежить від тривалості аварії. Згідно досліджень [8] на рис. 4 та рис. 5 наведені графічні залежності часу відновлення контролю над свердловиною та об'ємів викидів із свердловини (статистична апроксимація) при розвідувальному бурінні, експлуатаційному бурінні та експлуатації.

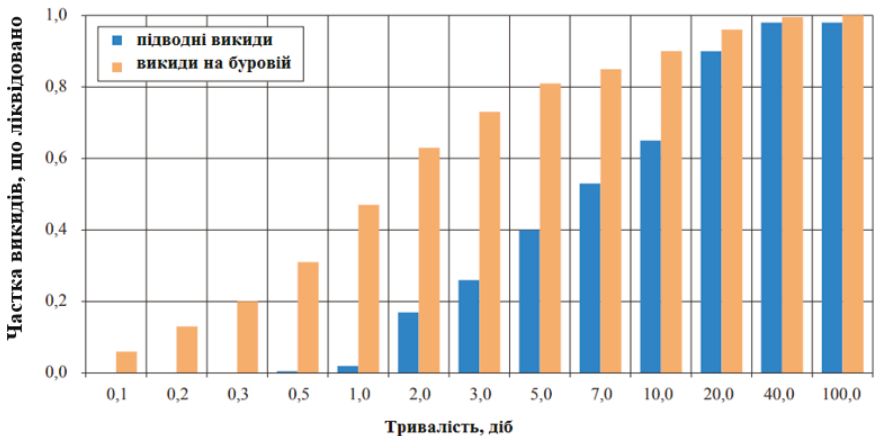


Рис. 4. Розрахункові оцінки часу відновлення контролю над свердловиною [7]

При неможливості визначення конкретних сценаріїв аварійної ситуації використовують узагальнюючий підхід для визначення об'ємів викиду [8].

Важливим є своєчасне прийняття рішень для оперативної локалізації аварійної ситуації. Часовий фактор в даному випадку має ключове значення, так як при ВФ за кожну хвилину в докільля надходять значні об'єми небезпечних для навколишнього середовища речовин. Кожен ВФ або ГНВП

має свої індивідуальні особливості, які необхідно враховувати під час вибору методу ліквідації аварії.

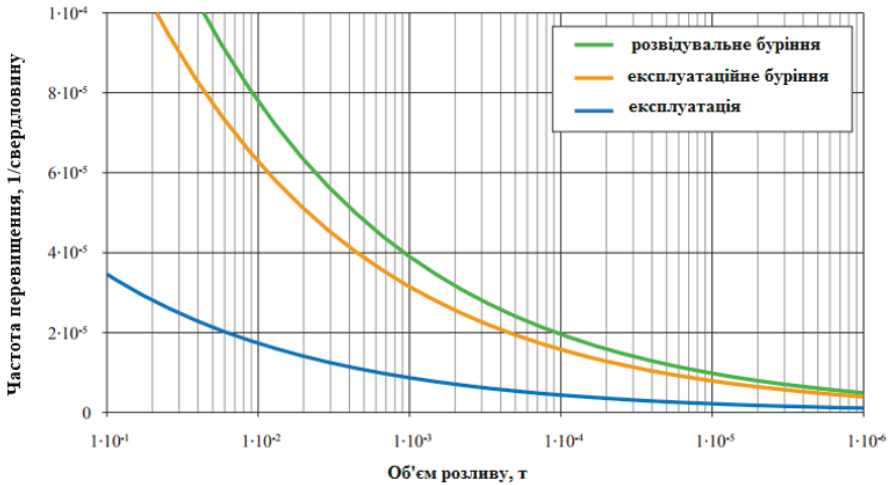


Рис. 5. Об'єми викидів із свердловини (статистична апроксимація) [7]

Оцінка об'ємів втрат нафти від тривалості аварії при ВФ як зазначено в [9] може розраховуватися використовуючи лінійне рівняння регресії

$$Y = 0.14 + 10.46 X, \tag{1}$$

яке дозволяє розрахувати середнє значення обсягів втрат Y як функцію від тривалості аварії X . На рис. 6 наведено оцінку втрат нафти від тривалості відкритого нафтового фонтану.

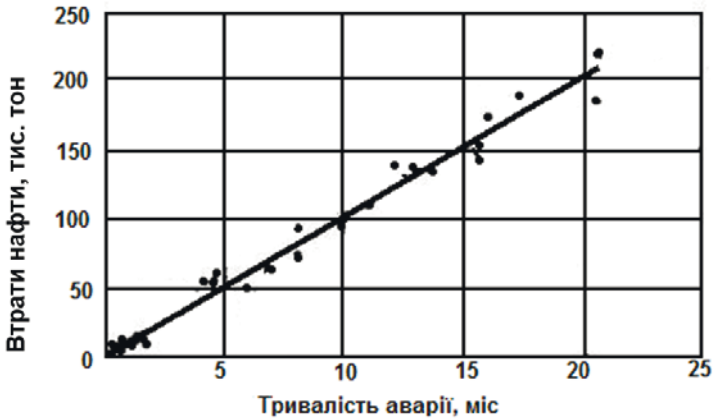


Рис. 6. Оцінка втрат нафти від тривалості відкритого нафтового фонтану [9]

Автори [9] відзначають високе значення коефіцієнта кореляції $r_{xy}=0.935$, який підтверджує надійність виявленого зв'язку і низькі похибки параметра, що необхідно знайти.

Визначення екологічного збитку доквіллю залежить від об'ємів надходження поллютанта, тому розглянуто методики різних авторів, що дають можливість оцінити об'єми викидів та поширення їх в приземному шарі атмосфери. Однак, для створення прогностичних сценаріїв при аварійних ситуаціях необхідно розробляти нові підходи.

Висновки

Проведений аналіз обладнання та технологічних процесів при спорудженні нафтогазової свердловини і аналіз методик розрахунку об'ємів та поширення ЗР в ПША дали можливість сформулювати рекомендації та технічні заходи для зменшення негативного впливу на довкілля спорудження нафтогазових свердловин:

1. Зменшення неорганізованих джерел викидів шкідливих речовин в приземний шар атмосфери шляхом використання герметизованих систем для зберігання шкідливих речовин.

2. Застосування нових ефективних методів очистки поверхні бурових труб при СПО [10].

3. Розробка прогностичних сценаріїв розвитку аварійних ситуацій для різних умов в яких відбувається ГНВП з врахуванням ряду показників: кліматичних, технічних, технологічних, виду фонтану (палаючий чи холодний). Це дасть можливість скоротити час на визначення стратегії ліквідації аварійного викиду.

4. Представлення даних впливу на довкілля проєктованої діяльності не тільки при нормальних умовах, а й враховувати ризики імовірних аварійних ситуацій та їх наслідків в проєктній документації на буріння свердловин.

5. Використання нових методів та технологій глушіння ГНВП, які дають можливість скоротити етапи ліквідації аварії та знизити негативні наслідки на довкілля [11].

1. Кузьменко В.А. Газо-нефте-водопроявления и открытые фонтаны в период с 1944 по 2000 годы. Обстоятельства и причины их возникновения. / В.А. Кузьменко. – Киев, 2006. – 521 с.

2. Шкіца Л.Є. Стан екологічної безпеки території бурової установки в залежності від інтенсивності випаровування бурового розчину/ [Л.Є. Шкіца, Т.М. Яцишин] // Моделювання та інформаційні технології. – 2012. – № 65. – С.10-16.

3. Шкіца Л.Є. Вплив технічної досконалості обладнання бурової установки на екологічну безпеку / [Л.Є. Шкіца, Т.М. Яцишин] // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2011. – Вип. 61. – С.100-106.

4. Гончаренко Н. Результати зіставлення класів стійкості приземного шару атмосфери з даними аерологічного зондування / Н. Гончаренко // Вісник Київського нац. ун-ту. ім. Т. Шевченка – 2007. – № 54. – С.46-48.

5. Методика расчета выбросов вредных веществ в окружающую среду от

неорганизованных источников АО «КазТрансОйл» ВС Астана, 2005. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://eco.com.ua/content/metodika-rascheta-vybrosov-vrednyh-veshchestv-v-okruzhayushchuyu-sredu-ot-neorganizovannyh>

6. Методика расчета выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://eco.com.ua/content/metodika-rascheta-vybrosov-ot-istochnikov-goreniya-pri-razlive-nefti-i-nefteproduktov>

7. Журавель В.И. Практические вопросы учета аварийности морских скважин. / В.И. Журавель, И.В. Журавель, М.Н. Мансуров // Современные подходы и перспективные технологии в проектах освоения нефтегазовых месторождений российского шельфа. – № 2 (22). – 2015. – С.133-141.

8. Assessment of the risk of pollution from marine oil spills in Australian ports and waters: report for Australian maritime safety authority. – London: Det Norske Veritas Ltd., 2011.

9. Чрезвычайные ситуации и экологическая безопасность в нефтегазовом комплексе Хаустов А.П., Редина М.М. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499075302>

10. Иващенко В., Шкіца Л.Є., Яцишин Т.М., Лях М.М. Патент України 108717 МРК Е21В 37/02(2006.01) В08В 9/023 (2006.01). Пристрій для очищення свердловинного інструменту.

11. Лях М.М. Вибір та удосконалення обладнання для ліквідації відкритих нафтогазових фонтанів. / М.М. Лях, І.В. Добровольський, Т.М. Яцишин // VI Міжнародна науково-технічна конференція "Нафтогазова енергетика 2017" до 50-річчя ІФНТУНГ, Івано-Франківськ. – 2017.

Поступила 11.09.2017р.

УДК 004.056.5

П.О. Смольянінов, Г.О. Кравцов, Київ

ОГЛЯД ІНДУСТРІАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Abstract. An overview of industrial control systems (ICS) is provided and ICS and IT systems are compared.

Основна частина

1. ІНДУСТРІАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Industrial control system (ICS) це загальне поняття, що використовується для позначення декількох типів систем управління, включаючи системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA), розподілені системи управління (DCS) та інші види систем управління, які можна зустріти в промислових секторах критично важливих інфраструктур, наприклад, поставлений на полози програмований логічний контролер (PLC). ICS-системи зазвичай використовують у таких сферах господарства як