

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Василів О.Б., Тітлов О.С.

ОСНОВИ БЕЗПЕКИ ТА НАДІЙНОСТІ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ ТА НАФТОГАЗОСХОВИЩ

Навчальний посібник



Одеса – 2019

622(075)
B19

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

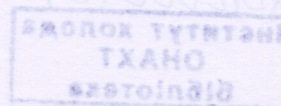


Василів О.Б., Тітлов О.С

ОСНОВИ БЕЗПЕКИ ТА НАДІЙНОСТІ
НАФТОГАЗОПРОВІДІВ ТА
НАФТОГАЗОСХОВИЩ

Навчальний посібник

Одеса - 2019



622.32(075)

УДК 622.69

В 19

*Розглянуто та рекомендовано до видання
Вченою радою Одеської національної академії харчових технологій
(протокол № 7 від 5 лютого 2019 р)*

Рецензенти:

*Петраш В. Д., зав. кафедрою опалення, вентиляції та охорони повітряного басейну
Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор;*

Ладига М. В., головний інженер ПАТ «Одесагаз»;

Клименко С. М., начальник експлуатаційної ділянки Українського державного геологорозвідувального інституту, к.т.н.

Василів О. Б.

В 19 Основи безпеки та надійності нафтогазопроводів та нафтогазосховищ:
навчальний посібник / Василів О. Б., Тітлов О. С.; За редакцією
Василіва О. Б. – Одеса: Бондаренко М. О., 2019. – 198 с.
ISBN 978-617-7613-56-4

Енергетична безпека багатьох розвинутих країн безпосередньо залежить від постачань нафти та газу. Це говорить про важливе значення та відповідальність трубопровідного транспорту та сховищ нафти, нафтопродуктів і газу. Трубопровідний транспорт газоподібних та скраплених вуглеводнів відноситься до складних технічних систем (СТС) категорії «А» третьої групи, до якої включені пожежовибухонебезпечні об'єкти та СТС, на яких зберігаються, транспортуються продукти, які набувають при визначених умовах здатності до займистості, вибуху, забруднення навколишнього середовища при аваріях і відмовах та представляють велику загрозу населенню, інженерним спорудам та природним масивам. Тому до трубопроводів та сховищ вуглеводнів пред'являють високі вимоги по забезпеченню надійності та безпеки їх функціонування.

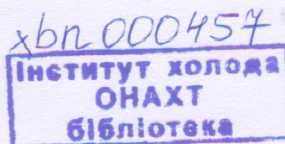
УДК 622.69

В навчальному посібнику розглянуті види небезпек, фактори, що впливають на безпеку та надійність нафтогазопроводів та нафтогазосховищ, приведені нормативні вимоги та організаційно-технічні заходи забезпечення і підтримання безпеки та надійності таких СТС як при їх спорудженні, так і при експлуатації. Розглянуті також питання впливу будівництва та експлуатації таких СТС на навколишнє середовище.

Навчальний посібник призначено для студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

ISBN 978-617-7613-56-4

© ОНАХТ, 2019



ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. Основні поняття надійності та безпеки конструкцій та експлуатації об'єктів нафтогазової галузі. Характеристика небезпечних об'єктів.....	10
1.1. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки.....	10
1.2. Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки.....	16
Контрольні питання.....	26
2. Основні типи природно-техногенних аварій та катастроф.....	28
2.1. Нормативне регулювання в галузі промислової безпеки нафтогазової галузі.....	30
2.2. Експертиза промислової безпеки.....	31
2.3. Технічний нагляд та виробничий контроль за промисловою безпекою на об'єктах трубопровідного транспорту.....	33
2.4. Відповідальність учасників будівництва об'єктів магістральних трубопроводів.....	35
Контрольні питання.....	39
3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ НА ЕТАПІ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ	40
3.1. Резервування МТ	40
3.1.1. Резервування пропускної здатності	40
3.1.2. Резервування лінійної частини	42
3.1.3. Резервування насосного обладнання	45
3.2. Розподіл магістральних трубопроводів на експлуатаційні ділянки.....	45
3.3. Захист трубопроводів від перевантажень по тиску.....	48
3.3.1. Причини виникнення перевантажень по тиску	48
3.3.2. Засоби і методи захисту трубопроводів від перевантажень по тиску	49
Контрольні питання.....	53

4. Захист трубопроводів від корозії.....	55
4.1. Класифікація корозійних процесів.....	55
4.2. Причини і механізм корозії трубопроводів.....	58
4.3. Механізм наведення блукаючих струмів на підземні металеві споруди та їх руйнування.....	62
4.4. Особливості корозії резервуарів для нафти і нафтопродуктів.....	63
4.5. Захисні покриття для трубопроводів.....	64
4.6. Електрохімічний захист нафтопроводів від корозії.....	70
4.6.1. Катодний захист.....	70
4.6.2. Протекторний захист.....	74
4.7. Електродренажний захист трубопроводів.....	77
4.8. Протикорозійний захист резервуарів.....	80
5. Забезпечення загальної стійкості та стійкості положення трубопроводів. Закріплення трубопроводів на проектних відмітках. Загальні положення.....	89
5.1. Баластування та закріплення трубопроводів.....	90
5.1.1. Баластування газопроводів залізобетонними обтяжувачами різних конструкцій.....	91
5.1.2. Анкерне закріплення газопроводів на проектних відмітках.....	94
5.1.3. Комбіновані методи баластування газопроводів, включаючи використання геотекстильних синтетичних матеріалів.....	96
5.2. Розрахунок стійкості трубопроводів проти спливання.....	97
Контрольні питання.....	102
6. Класи безпеки та категорії трубопроводів.....	103
6.1. Мінімальні відстані від трубопроводів до населених пунктів, будов і споруд.....	105
6.1.1. Мінімальні проектні відстані між трубопроводами і другими комунікаціями при паралельному прокладенні.....	106
6.2. Способи прокладання трубопроводів та вимоги до їх розрахунку на міцність та стійкість.....	106
6.3. Врахування фізико-механічних властивостей матеріалу труб.....	108

6.4. Компенсація температурних розширень трубопроводів	112
6.5. Забезпечення безпеки трубопроводу при проектуванні конструктивними вимогами.....	114
6.6. Проектне забезпечення безпеки глибоководних морських трубопроводів.....	118
<i>Контрольні питання</i>	121
7. Основи надійності обладнання нафтогазопроводів і нафтогазосховищ	122
7.1. Визначення вірогідності безвідмовної роботи обладнання	122
7.2. Вірогідність та інтенсивність відмов.....	123
7.3. Напрацювання, безвідмовна робота та ресурс обладнання.....	125
7.4. Алгоритм розрахунку показників надійності нафтогазопроводів і нафтогазосховищ	127
7.5. Основні методи підвищення надійності обладнання.....	134
<i>Контрольні питання</i>	141
8. РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ НАФТОГАЗОПРОВІДІВ	142
8.1. Загальні уявлення про надійність нафтогазопроводів.....	142
8.2. Розрахунок ймовірності відмови стінки труби.....	151
8.3. Розрахунок залишкового ресурсу трубопроводу за мінімальною можливою товщиною стінки труб за результатами діагностики	155
8.4. Розрахунок бракувальної товщини стінки для промислових трубопроводів.....	158
<i>Контрольні питання</i>	160
9. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТРУБОПРОВІДІВ І СТАЛЕВИХ РЕЗЕРВУАРІВ.....	161
9.1. Загальні принципи діагностики трубопроводів.....	161
9.2. Комплексна діагностика трубопроводів.....	164
9.3. Акустика-емісійна діагностика	165
9.4. Електрометричне обстеження трубопроводів	167
9.5. Дефектоскопія	168
9.6. Внутрішньотрубна діагностика стану магістральних трубопроводів	169

9.7. Елементи внутрішньотрубної діагностики технічного стану	
трубопровідних систем	170
9.8. Технічна діагностика вертикальних сталевих резервуарів	174
Контрольні питання.....	175
10. Діагностика наявності витоків рідини із трубопроводів.....	177
10.1. Класифікація методів діагностики витоків	177
10.2. Основні методи виявлення витоків нафти й нафтопродуктів на	
магістральних трубопроводах	179
Контрольні питання.....	186
11. Забезпечення екологічної безпеки нафтогазової галузі	187
11.1. Техногенний вплив на навколишнє середовище при будівництві та	
експлуатації трубопроводів	188
Контрольні питання.....	192
Перелік джерел посилання.....	193

ВСТУП

Наростання стійких негативних антропогенних впливів на природні масиви в поєднанні з глобальними природними процесами, зміна клімату та навколишнього середовища можуть призводити до екологічних катастроф глобального та національного масштабу. Із світового досвіду відомі приклади, коли економічні втрати від природних та техногенних катастроф в окремих країнах були сумірні або перевищували величини валового національного продукту цих країн. Окремі країни і світова спільнота в цілому виявилися неспроможними протидіяти наростаючим загрозам.

За даними ООН за 20 років, в 1996 – 2015 роках в усьому світі від природних катастроф і катаклізмів загинуло близько 1,35 млн осіб. За цей час зареєстровано понад 7 тис. великих стихійних лих.

Досвід минулого століття потребує нового наукового підходу до аналізу та пошуку оптимальних та потенційно менш небезпечних шляхів розвитку людства як в найближчому так і в віддаленому майбутньому. В ХХІ столітті технічні та інженерні рішення, які не забезпечують промислову, соціальну та екологічну надійність та безпеку функціонування споруд, об'єктів не будуть мати права на використання. Така умова ставиться також і перед об'єктами паливно-енергетичного комплексу (ПЕК).

Паливно-енергетичний комплекс являється найважливішою часткою реального сектора економіки кожної промислово розвиненої країни. Він відіграє ключову роль не тільки в енергозабезпеченні країни, але й в формуванні доходів державного бюджету. Від того, наскільки успішно функціонує ПЕК країни, в значній мірі залежить економічне благополуччя, енергетична та національна безпека країни. Питанням своєї енергетичної безпеки кожна країна приділяє особливу увагу. Енергетична безпека визначена в стратегії як стан захищеності країни (регіону), її громадян, її спільноти, держави, обслуговуючої її економіки від загроз природно-технічного характеру та надійного паливо- та енергозабезпечення.

Важливу роль в паливно-енергетичній безпеці країни відіграє трубопровідний транспорт рідких та газоподібних вуглеводнів, без яких немислиме життєза-

безпечення населення і нормальне функціонування господарчого комплексу.

Стале функціонування, динамічний розвиток збалансованої національної системи трубопровідного транспорту являється необхідною умовою стабілізації і підйому економіки, забезпечення цілісності країни, підвищення рівня життя населення.

Роль національного трубопровідного транспорту ще більш підвищується в умовах глобалізації світової економіки, що призводить до розширення міждержавних господарських зв'язків. Діючі та перспективні трубопроводи нафти та газу в Україні в силу вигоного розміщення на Європейському континенті, є з'єднувальною ланкою між країнами – видобувачами та постачальниками вуглеводнів (Росія, Казахстан, Туркменія, Азербайджан) та країнами – споживачами цих енергоресурсів (країни Західної Європи), зможуть чинити серйозний вплив на геополітичний розвиток енергетичного ринку.

Трубопровідний транспорт вуглеводнів України – складна технічна система (СТС) з потужним енергетичним потенціалом. В неї входять магістральні та розподільчі трубопроводи, компресорні і насосні станції, резервуарні парки, підземні сховища, а також промислові трубопроводи, установки підготовки газу та нафти власного видобування до транспортування [20, 23, 50].

Загальна довжина газопроводів, становить 38,55 тис.км, у тому числі магістральних газопроводів – 22,16 тис. км і газопроводів-відгалужень – 16,39 тис.км. Кількість газорозподільних станцій (ГРС) – 1455.

Система магістральних нафтопроводів (МН) України включає 19 нафтопроводів діаметром до 1220 мм включно загальною довжиною 3506,6 км, а в одну нитку – 4767,1 км, нафтоперекачувальні станції (НПС) і морський нафтовий термінал (МНТ) «Південний». Потужність системи на вході – 114 млн. т/рік, на виході – 56,3 млн. т/рік.

Трубопровідний транспорт по вантажообігу займає 2-е місце після залізниці.

Енергетична безпека низки Європейських країн напряму пов'язана з постачанням нафти та газу з Росії. Експорт нафти з Росії в 2017 р. склав 256,787 млн т,

природного газу - 193,9 млрд м³. Транзит газу через українську трубопровідну систему у 2017 році склав 93 млрд м³, а транзит нафти – 13,937 млн. тон.

Все це засвідчує велике значення та відповідальність трубопровідного транспорту в безперебійному забезпеченні природним газом, нафтою та нафтопродуктами вітчизняних та закордонних споживачів.

З іншого боку, трубопровідний транспорт рідких та газоподібних вуглеводнів, віднесений до категорії «А» третьої групи, (в яку включені пожежовибухонебезпечні об'єкти та СТС, на яких зберігаються, транспортуються продукти, що набувають при визначених умовах схильність до займання або вибуху, забрудненню навколишнього середовища), при аваріях та відмовах представляє велику загрозу населенню, інженерним спорудам та природним масивам.

З вказаних вище причин, до трубопроводів, по яких транспортуються рідкі та газоподібні вуглеводні, та сховищ, де вони зберігаються, пред'являються високі вимоги по забезпеченню надійності та безпеки їх функціонування.