

УДК 69.057

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ПОВЕРХНІ
МАГІСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДУ**

Ю. М. Дьомін, М. І. Назаренко

ЗАТ «ПВІ ЗІТ НАФТОГАЗБУДІЗОЛЯЦІЯ»

вул. Маршала Гречка, 14, м. Київ, 04136, Україна. E-mail: m_nazarenko@i.ua

Розроблена математична модель формоутворення захисного покриття поверхонь магістральних трубопроводів. Виконаний аналіз обладнання і технології проведення операцій очищення зношеного ізоляційного матеріалу та нанесення нового на трубопровід дозволив виявити недоліки та сформулювати напрямки їхнього усунення.

Ключові слова: модель, трубопровід, магістраль, захисне покриття.

**MATHEMATICAL MODEL FORM OF FORMATION OF THE SHEETING ON THE SURFACE
OF THE MAIN PIPELINE**

Yu. M. Djomin, M. I. Nazarenko

ZAO «PII WIT PETROGAS THE SYSTEM ISOLATION»

vul. Marshal Grechka, 14, 04136, Kiev. E-mail: m_nazarenko@i.ua

The mathematical model the form of formation of a sheeting of surfaces of the main pipelines is developed. The analysis of technology and equipment for cleaning operations of worn insulation material and application of a new pipeline to the revealed shortcomings and formulate napryamki address them.

Key words: model, the pipeline, a highway, a sheeting.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ
НА ПОВЕРХНОСТИ МАГІСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА**

Ю. М. Дьомин, М. И. Назаренко

ЗАО «ПИИ СИТ НЕФТЕГАЗСТРОЙИЗОЛЯЦИЯ»

ул. Маршала Гречки, 14, 04136, г. Киев. E-mail: m_nazarenko@i.ua

Разработана математическая модель формообразования защитного покрытия поверхностей магистральных трубопроводов. Выполнен анализ оборудования и технологии проведения операций очистки изношенного изоляционного материала и нанесения нового на трубопровод позволил выявить недостатки и сформулировать напрямки их устранения.

Ключевые слова: модель, трубопровод, магистраль, защитное покрытие.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Під час експлуатації магістральних трубопроводів виникає потреба в їхньому ремонті, що обумовлена корозією металу. Ступінь корозії визначається, в основному, дійсним станом ізоляційного покриття, у якості якого при ремонті трубопроводів застосовуються полімерні і ізоляційні матеріали прискореного затвердіння, цими матеріалами є поліуретанові суміші, що наносяться на трубопровід безповітряним розпилюванням. Якість нанесення і стійкість покриття значною мірою залежить від обраного способу покриття, відповідності параметрів і режиму роботи обладнання. Тому актуальною є задача вирішення питань обґрунтування та вибору параметрів оптимальної дії системи «обладнання – нанесений матеріал – трубопровід».

Важливими складовими якості та надійності нанесення ізоляційного матеріалу є операція очищення поверхні трубопроводів від зношеного захисного покриття та операція нанесення нового покриття. При цьому варто відзначити, що витрати на поліуретанову суміш складають в середньому 26% від собівартості відновленого покриття. Так, на відновлення 1 км трубопроводу діаметром 1220 мм із товщиною покриття 1,5 мм витрачається біля 12000 кг поліуретану вартістю 15\$/кг, при цьому загальні непродуктивні втрати поліуретану сягають 25%. Основна частина втрат (близько 19%) обумовлена нерівномірністю товщини захисного покриття, при

цьому її мінімально допустиме значення дорівнює 0,7–2 мм, а максимальне – залежить від якості обладнання з відновленню покриття і сягає 1,5–4 мм.

На прямих ділянках магістральних трубопроводів захисне покриття наноситься за допомогою агрегату, який пересувається по його поверхні, а два розпилювачі виконують зворотно-оберткові коливання навкруги вісі трубопроводу. Так, технологія обумовлює збільшення товщини покриття в зонах перекриття сусідніх шарів (поздовжніх і оберткових), а також під часу реверсу – зміни напрямку обертання розпилювачів.

Пристрої із застосуванням струминних методів проведення робіт [1–3] при очищенні трубопроводу пристрої мають механізм їх переміщення вздовж труби і апарат для подання робочого агента до сопел, спрямованих на поверхню трубопроводу. При ізоляції трубопроводу пристрої мають ходову платформу, яка обладнана приводними опорними роликками для її встановлення на трубі, пристрій для подання монолітного покриття, а також механізм для змінювання швидкості переміщення платформи. Ці пристрої не є системами автоматичного керування, в яких витрати абразиву або ізоляційного матеріалу є безперервною функцією відхилення від заданої величини. Відсутність такої системи не дозволяє достатньою мірою контролювати параметри технологічних режимів, що призводить до зниження ефективності роботи пристроїв. Окрім того, ці пристрої мають складну конс-

трукцію, особливо у випадку ізоляції трубопроводів монолітними покриттями (бітумними і плівковими матеріалами). Слід відзначити, що при непоганих ізолюючих властивостях цих матеріалів сама конструкція покриття і її механічні властивості не завжди забезпечують необхідну якість.

Деякою мірою ці недоліки враховані в пристрої [4]. Пристрій складається з механізму поздовжнього переміщення і механізму осциляції розпилювачів навколо трубопроводу. Механізм осциляції виконаний як ротор із розпилювачами і системами ланцюгових передач і має пристрій переведення тримачів розпилювачів із ведучої ланки ланцюгової передачі до веденої. Це забезпечує переміщення механізму в протилежному напрямку. Конструктивні особливості цього пристрою обумовлюють значний час реверсу розпилювачів, що веде до зайвих витрат абразиву і ізоляційного матеріалу.

Нерівномірність товщини покриття обумовлено нестабільністю відбитка факелу розпилювача та коливання його абсолютної швидкості відносно поверхні трубопроводу. Усунення цих недоліків і визначило основну мету роботи.

Метою роботи є обґрунтування математичної моделі формоутворення захисного покриття на поверхні трубопроводу, яка б дала можливість розрахувати і створити пристрій, що виключає зазначені вище недоліки.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Розглянемо постановку задачі з визначення траєкторії і швидкості пересування відбитка факелу розпилювача по поверхні трубопроводу. З урахуванням, що кутова швидкість розпилювача з форсункою співпадає з кутовою швидкістю відбитка факелу на поверхні трубопроводу.

Розпилююча форсунка Φ_1 (рис. 1), яка віддалена від поверхні правильної циліндричної труби радіусу $R=O_1A_1$ на відстань $h=A_1B$, здійснює в просторі складний рух: переносний поступальний зі швидкістю паралельно поздовжній осі O^*X_1 і відносний обертний рух зі швидкістю $V_2(t)$ у площині, перпендикулярній поздовжній осі труби. Точка B визначає геометричний центр щільової розпилюючої форсунки.

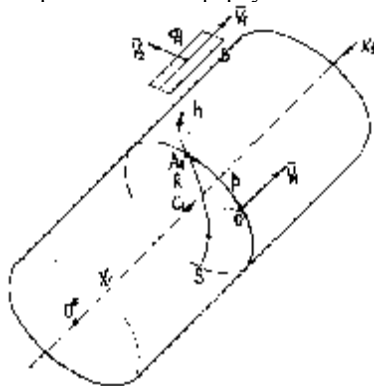


Рисунок 1 – Визначення положення форсунки Φ_1 у просторі відносно поверхні трубопроводу

Поступальний рух визначається координатою $X_1=O^*O_1$, яка відлічується відносно деякої нерухокої точки O^* поздовжньої вісі труби OX_1 до площини

ни обертання форсунки навкруги (точки O_1), а відносний рух - кутом $\beta(<OO_1A_1)$ який відрховується відносно відрізка O_1O , що переміщується разом з площиною обертання форсунки зі швидкістю $V_1(t)$.

Поступальний рух форсунки здійснюється за рахунок переміщення агрегату вздовж труби колісним рушієм, який виконаний у вигляді жорсткої двоосної підвіски (шасі), що має дві пари жорстких конічних приводних коліс (кожна пара складається з двох жорстко зв'язаних між собою конічних коліс), а обертний рух форсунки – за допомогою встановленого на шасі обертового кільця, на якому закріплена форсунка. При ідеальному виконанні вісь обертового кільця, внутрішній радіус якого більше за радіус труби, співпадає з поздовжньою віссю труби. Підвіска кільця відносно корпусу агрегату забезпечується опорно-центруючими роликами, осі обертання яких жорстко зв'язані з корпусом. Двигунами виконавчих органів агрегату виступають два трифазних асинхронних безколекторних електродвигуни (АД) із замкненими роторними обмотками, статорні обмотки яких керуються від підсилювача-перетворювача частоти і напруги (ППЧ). Обертаючі моменти на кільце і конічні колеса передаються від двигунів за допомогою ланцюгових передач і редуктора. Інформація про кутові швидкості обертання роторів АД формується в блоці ППЧ на основі вимірювання і перетворення струмів у статорних обмотках АД. Додаткова інформація про поступальний рух машини може бути отримана з датчика „п'ятого” колеса, кут повороту якого при відсутності проковзування пропорційний координаті x_1 .

При пересуванні агрегату точка A_1 (рис. 1), яка є точкою перетину обертового відрізка O_1B із поверхнею труби, залишає на останній слід – траєкторію. Типові графіки залежностей кутових прискорення, швидкості і пересування форсунки від часу наведені на рис. 2. Графіки виконані за умов усталеного руху машини, незалежності величини електромагнітного моменту під час реверсу від кутової швидкості обертання двигуна, безперервності програмної кутової швидкості обертового кільця і малих моментів супротиву обертання і руху.

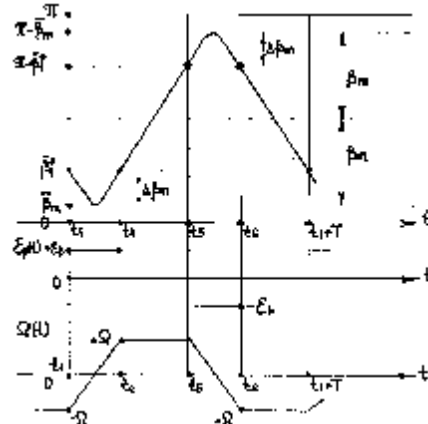


Рисунок 2 – Залежності кутового пересування форсунки $P(O)$, кутового прискорення $\epsilon_p(O^*)$ і кутової швидкості від часу:

$\beta_m + \Delta\beta_m$ – амплітуда коливань точки A_1 і відносно середнього положення $\beta = \pi/2$;
 Ω – постійна програмна кутова швидкість обертового кільця;

$\Delta\beta_m$ – кут перерегулювання точки Аі відносно кінцевих перемикачів в режимах реверса двигуна;

ε_β – постійне кутове прискорення кільця в режимах реверса двигуна обертання;

$t_1..t_6$ – інтервали часу гальмування, розгону в зворотному напрямку, пересування з постійною швидкістю, гальмування і розгону в попередньому напрямку;

T – час одного циклу обертання кільця.

Зазначимо, що кожний цикл пересування форсунок містить дві ділянки реверса кутової швидкості обертання і дві ділянки стабілізації програмної кутової швидкості обертання. Початок і закінчення режимів реверса форсунок визначаються замиканням і розмиканням двох кінцевих вимикачів. Аналіз графіків на рис. 2 показує, що при зроблених вище припущеннях, пусковий момент двигуна обертання АД повинен бути пропорційним квадрату постійної кутової швидкості обертового кільця. Але, якщо двигун обраний, то програмна кутова швидкість Ω повинна бути пропорційна кореню квадратному з величини пускового моменту двигуна. Невиконання цієї умови буде призводити до тривалих перехідних процесів стабілізації Ω , що призведе до значної нерівномірності товщини покриття поверхні труби.

Були розроблені структурні схеми математичної моделі системи керування повздовжнім (переносним) рухом шасі агрегату та схема системи керування обертовим (відносним) рухом розпилювача. Розв'язання запропонованих моделей на персональному комп'ютері із чисельним експериментом дає можливість визначити необхідні параметри і режими руху агрегату.

ВИСНОВКИ. Виконаний аналіз обладнання і технології проведення операцій очищення зношеного ізоляційного матеріалу та нанесення нового на тру-

бопровід дозволив виявити недоліки та сформулювати напрямки їхнього усунення.

Розроблена математична модель формоутворення захисного покриття на поверхні магістрального трубопроводу дає можливість визначити оптимальні параметри пристроїв для забезпечення якісного захисного покриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sidney A. Taylor. Surface preparation equipment developed for short repair work, "Pipe Line & Gas Industry", July 1995. Reprinted from July 1995 "Hydrocarbon processing".

2. А.с. СССР №1366242, кл. В08В 9./04, 1988 г. Бюл. № 2.

3. А.с. СССР №1366766, кл. F16L 59./14, 1988 г. Бюл. № 2.

4. Патент США №5129355, кл. В05С 1/04, від 14.07.1992 р.5С 1/02. Бюл.№9, 1992 г.

REFERENCES

1. Sidney A. Taylor. "Surface preparation equipment developed for short repair work", "Pipe Line & Gas Industry", July 1995. Reprinted from July 1995 "Hydrocarbon processing".

2. AS USSR № 1366242, cl. V08V 9./04, 1988. Bull. № 2 [in Russian].

3. AS USSR № 1366766, cl. F16L 59./14, 1988. Bull. № 2 [in Russian].

4. U.S. patent number 5129355, cl. V05S 1./04, on 07/14/1992 r.5S 1 / 02. Bull. № 9, 1992.

Стаття надійшла 20.10.2010.

Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Масловим О.Г.