

добові коливання частоти струму в мережах зовнішнього електропостачання на 1 Гц можуть викликати зміну пропускну здатності ділянок між нафтоперекачувальними станціями до 2,17 % і напорів, які розвивають насоси, до 3,97%, а оскільки електроживлення станцій забезпечується різними енергетичними системами, то не врахування фактору добового коливання частоти електричного струму може викликати відхилення режиму роботи нафтопроводу від нормального.

Література

1. Колпаков Л. Г. Эксплуатация магистральных центробежных насосов. Учебное пособие. – Уфа: Изд. Уфим. Нефт. Ин-та, 1988. – 116 с.
2. Середюк М. Д., Якимів Й. В., Лісафін В. П. Трубопровідний транспорт нафти і нафтопродуктів: Підручник. – Івано-Франківськ. – 2001. – 517 с.

УДК (504.05+504.06):622.692.4

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗТІКАННЯ НАФТИ ТА ЗОНИ ЗАБРУДНЕННЯ

Г. М. Кривенко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, e-mail: dis@nung.edu.ua

Разработана компьютерная технология моделирования процесса истечения нефти для определения направления течения и площади загрязненной территории с целью прогнозирования экологического риска. Показано, что рельеф местности значительно влияет на величину площади загрязнения. Даны рекомендации по использованию предложенной компьютерной технологии.

Computers model the flow of oil through the orifices gives the direction and covered of oil area and allows to forecast the ecological risk. Relief of place has influence on the covered of oil area. Recommendations for further use computers model are given.

На Україні експлуатуються нафтопроводи з пересіченим профілем траси вже не один десяток літ. Незважаючи на важливість безаварійної експлуатації магістральних нафтопроводів, проблемі прогнозування ризиків, за результатами внутрішньотрубного діагностування з урахуванням технологічних режимів і рельєфу місцевості, приділяється мало уваги. Цю проблему можна вирішити, розробивши геоінформаційну систему, в основі якої лежить ідея сумісної комп'ютерної обробки картографічного матеріалу у вигляді електронних карт та атрибутивної інформації, що характеризує об'єкти цих карт (у нашому випадку об'єкти магістрального нафтопроводу). При цьому необхідно розглядати у взаємозв'язку технічний та екологічний ризики, пов'язані з технологічними режимами експлуатації та з прогнозуванням можливих витікань нафти і площі забрудненої території в разі виникнення аварійної ситуації.

Широке використання геоінформаційних систем (ГІС) відкриває нові перспективи управління магістральними нафтопроводами. На принципово новому рівні розв'язуються задачі екологічного моніторингу траси магістральних нафтопроводів, проводиться моделювання наслідків аварійних розливів нафти і ранжування ділянок магістральних трубопроводів за екологічним ризиком для розробки планів проведення ремонтних робіт та обслуговування трубопроводів.

Враховуючи, що велика частина інформації, необхідна для управління процесом транспорту нафти, характеризує географічне територіальне розташування об'єктів, використання ГІС дозволить вирішити значну кількість виробничих питань.

Є три основних класи задач, які розв'язуються за допомогою ГІС-технологій: інформаційно-довідкові; сіткові; просторовий аналіз та моделювання.

Інформаційно-довідкові системи є найбільш поширеним на першій стадії впровадження ГІС класом систем. Створення цих систем дозволяє проглянути будь-яку ділянку будь-якої карти з наявної бази даних. При цьому в якісно створених ГІС виконуються дві основні властивості: зумеризації та генералізації [1].

Властивість зумеризації (від англійського слова Zoom) означає відображення ділянки карти на весь екран, при цьому відбувається автоматичне розтягування або стиснення зображення на весь екран з перерахунком масштабу ділянки карти.

Властивість генералізації в загальному випадку означає постійне збереження насиченості ділянки карти, яка відображає цю інформацію.

Сіткові задачі. Цей клас задач зв'язаний з необхідністю аналізу географічних сіток вулиць, рік, доріг, трубопроводів, ліній електропередач або зв'язку і ін.

Одним з найбільш важливих класів сіткових задач у трубопровідному транспорті є оптимізація маршрутів перекачування нафти на заданій сітці трубопроводів з різними критеріями



оптимізації. Наприклад, розв'язок задачі визначення оптимального маршруту транспортування нафти за критерієм мінімуму затрат. Річідними даними для розв'язку цієї задачі є трубопровідна сітка та атрибутивні дані, які характеризують затрати на транспортування нафти на кожній окремій ділянці трубопровідної сітки.

Просторовий аналіз та моделювання різних процесів – це клас найбільш складних, але й найбільш достовірних для прийняття рішень задач.

Отже, методологічною основою прогнозування екологічних та соціальних наслідків аварій на магістральних трубопроводах є геоінформаційне моделювання.

Ми розробили комп'ютерну технологію моделювання витіку нафтопродукту з трубопроводу та прогнозування зони забруднення, що створена у вигляді програмного продукту Vytik для Windows.

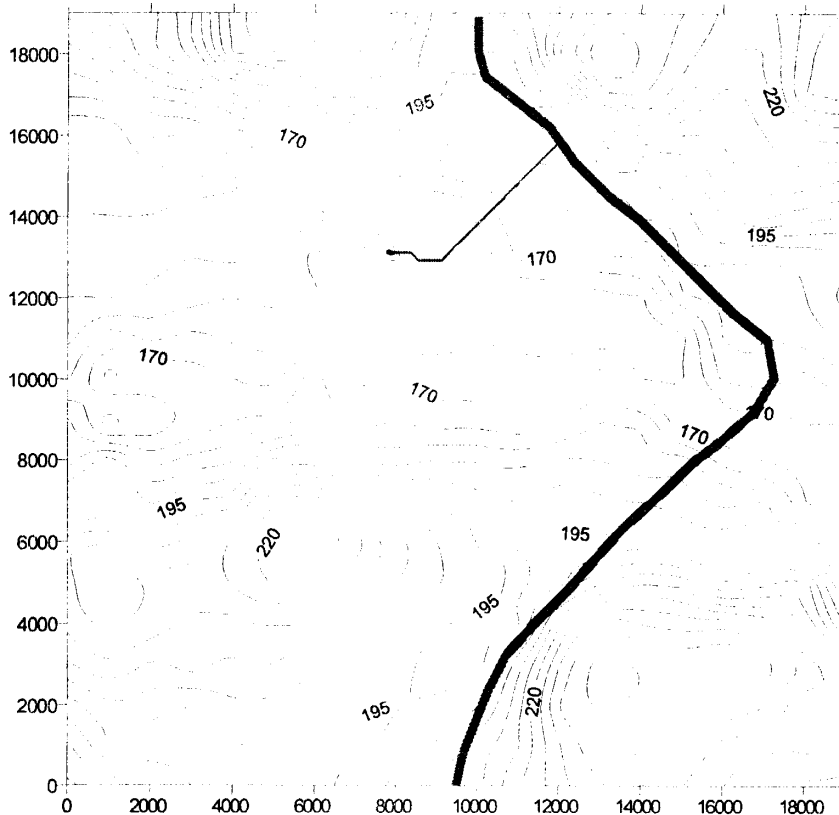
В основі алгоритму розрахунку траєкторії витікання лежить метод найшвидшого спуску. Для побудови різко пересіченого рельєфу використані методи трикутників з лінійною інтерполяцією та сплайн-інтерполяцією.

Потік нафти, яка витікла з трубопроводу в довільній точці, під впливом власної ваги самовільно прямує до точки локального мінімуму на поверхні території. Траєкторія формується від точки до точки у напрямі найбільшого значення градієнта поля рельєфу.

Важливе значення для правильного та швидкого розрахунку має дискретна модель поля рельєфу місцевості. Ця модель повинна бути адекватною до реального поля. Для її побудови на основі вимірювань рельєфу в окремих точках місцевості необхідно створити достатньо густу регулярну сітку з однаковим малим кроком як в напрямі осі абсцис, так в напрямі осі ординат. Вузлам такої регулярної сітки за допомогою спеціального алгоритму триангуляції з інтерполяцією присвоюється значення відміток рельєфу. З вузлів цієї сітки поточною формується траєкторія руху нафти після витікання з вихідної точки на трубопроводі.

Після того, як потік нафти досягне найнижчої точки (дна улоговини), починається заповнення улоговини. Після заповнення улоговини всією нафтою визначається остаточний рівень нафти та площа забрудненої території як площа, обмежена ізолінією цього рівня.

Для оцінки площі та об'єму використовується внутрішній алгоритм GridVolume програми Surfer 7.



Об'єм нафти, шр витікля, куб. м – 100.0
Відстань по трубопроводу до точки витіку, км – 4.00

Площа забруднення, кв. м – 20 381.2
Відмітка рівня нафти, м – 159.88

Рисунок 1. Моделювання витікань нафтопродукту з трубопроводу та прогнозування забруднення території

При використанні цієї програми (Vytik), задавши місце витоку (за координатами на місцевості або за довжиною трубопроводу), а також об'єм вилитої нафти, ми отримуємо зображення траєкторії витоку та площі забруднення, а також кількісне значення площі забруднення та рівня розлитої нафти (рис. 1, 2). Ми провели ряд досліджень з метою виявлення закономірностей зміни площі забруднення та траєкторії витоку нафти при зміні об'єму нафти, що витекла, та при зміні місця витоку. Дані досліджень наведені в табл. 1 та на рис. 3, 4.

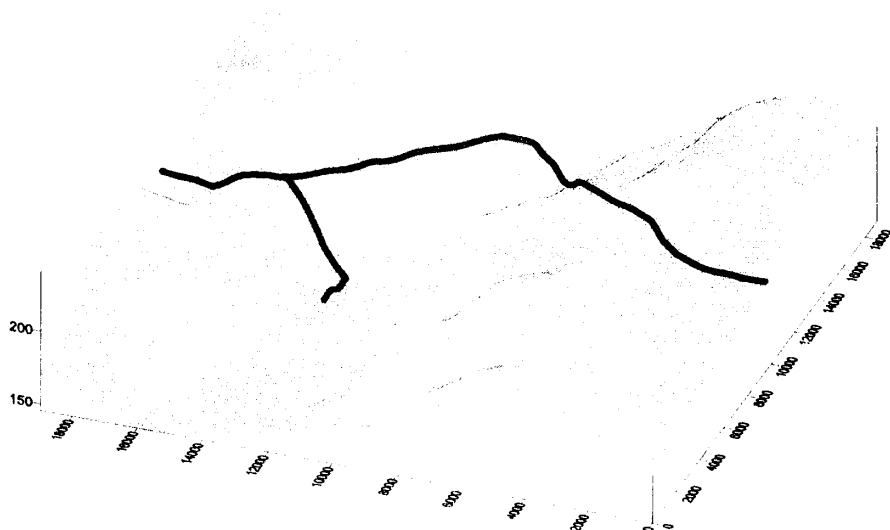


Рисунок 2. Зображення траєкторії витоку та площі забруднення в аксонометрії для 4 км ділянки трубопроводу, розлив нафти – 100 м^3

Таблиця 1. Площа забруднення при можливій аварії на 4 км ділянки трубопроводу

№ п/п	Об'єм вилитої нафти $V, \text{ м}^3$	Площа забруднення $S, \text{ м}^2$
1	100	20 381,2
2	200	42 422,3
3	300	43 805,4
4	400	45 187,7
5	500	46 581,4
6	600	47 998,4
7	700	49 438,1
8	800	50 902,3
9	900	52 390,4
10	1000	53 912

Аналіз досліджень засвідчив, що для зменшення технічного ризику необхідно передбачити водовідведення (лотки) в тих місцях прокладання трубопроводу, де напрям розтікання йде вздовж осі труби, оскільки талі й дощові води можуть призвести до розмиву ґрунтів над трубопроводом, що призведе до зниження екологічної безпеки його експлуатації.

При паспортизації лінійної частини нафтопроводів необхідно впровадити методику комп'ютерного моделювання розтікання нафти та визначення площі забрудненої території з урахуванням рельєфу місцевості, поєднання якої з діагностуванням поверхні трубопроводів із застосуванням інтелектуальних поршнів дасть змогу розглядати технічний та екологічний ризики у взаємозв'язку та підвищити екологічну безпеку експлуатації трубопроводів.

Із графіка, наведеного на рис. 4, видно, що рельєф місцевості має значний вплив на розмір площі забруднення. При комп'ютерному моделюванні можливих витоків розміром 100 м^3 розподіл площі забруднення в залежності від місцезнаходження пошкодження по довжині трубопроводу

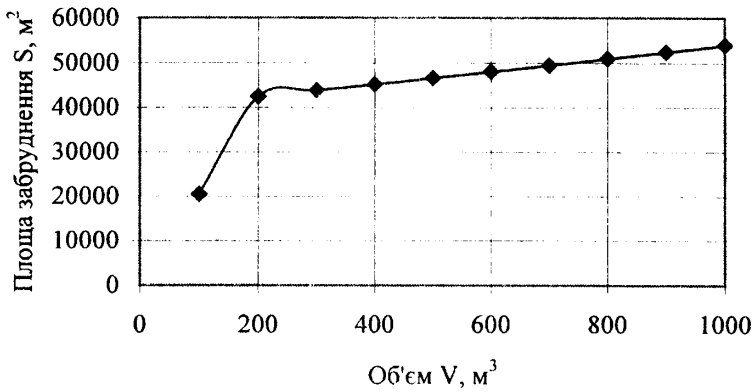


Рисунок 3. Графік залежності площі забруднення від об'єму нафти, що може витекти при аварії на 4 км ділянці трубопроводу

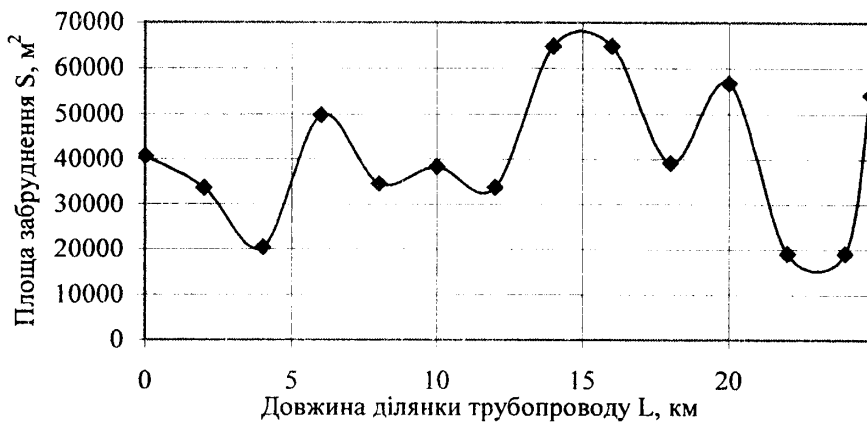


Рисунок 4. Розподіл площі забруднення по довжині трубопроводу при розливі 100 м^3 нафти

дозволяє виявити ділянки трубопроводу, при пошкодженні яких постійні чи тимчасові пошкодження ґрунту перевищують значення прийнятної ризику (5 га) [2]. На цих ділянках рекомендується знизити технічний ризик за рахунок використання посиленої ізоляції або труб із більшою товщиною стінки. Тому ще на стадії проектування трубопроводів необхідно використовувати геоінформаційне моделювання, яке є методологічною основою прогнозування екологічних та соціальних наслідків аварій на магістральних трубопроводах.

Література

1. Набиев Р. Р. Перспективы применения геоинформационных систем в трубопроводном транспорте. – Уфа: Лето, 2000. – 48 с.
2. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки / Міністерство праці і соціальної політики. № 637 від 04.12.2002. – 29 с.