

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

На правах рукопису

СЕРЕДЮК Марія Дмитрівна

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ
НАФТОПРОДУКТОПРОВІДНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ

Спеціальність 05.15.13 - Будівництво та
експлуатація нафтогазопроводів, баз і
сховищ

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук.

Івано-Франківськ-1996



656.56
Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському
університеті нафти і газу.

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор Глоба Володимир Мойсейович.
2. Доктор технічних наук, професор Марон Веніамін Ісакович.
3. Доктор технічних наук, професор Шнерх Сергій Станіславович.

Провідна організація АТ "Інститут транспорту нафти (м. Київ).

Захист відбудеться "4" квітня 1996 р.

на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.09.02.01 в Івано-
Франківському державному технічному університеті нафти і газу.

Адреса: 284018, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Івано-Франківсь-
кого державного технічного університету нафти і газу за адресою:
м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий "27" лютого 1996 року.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради  Шлапак Л.С.

Актуальність і ступінь дослідженості тематики дисертації.

Одним із основних елементів системи нафтопродуктопостачання України є система вітчизняних і транзитних нафтопродуктопроводів, яка відіграє визначальну роль в транспортуванні та розподілі широкого асортименту як світлих, так і деяких темних нафтопродуктів. Трубопровідний транспорт нафтопродуктів в Україні характеризується великою протяжністю, значною розгалуженістю, великою кількістю шляхових споживачів в кінці відводів.

Трубопровідна система України до недавнього часу проектувалась і експлуатувалась як складова частина загальносоюзної системи нафтопостачання. Це привело до того, що на сьогоднішній день, при радикальних змінах напрямів і величин потоків нафтопродуктів, в умовах становлення ринкових відносин трубопровідний транспорт нафтопродуктів функціонує недостатньо ефективно. В Україні відсутня концепція наукового і методологічного забезпечення ефективного функціонування і подальшого розвитку нафтопродуктопровідної системи з врахуванням геополітичного положення держави і особливостей ринкової економіки.

За останнє десятиріччя мало місце значне ускладнення структури нафтопродуктопроводів, будівництво нових експлуатаційних ділянок, підключення до діючих магістралей десятків простих і складних відводів для постачання розподільних нафтобаз та наливних пунктів. Це привело до якісної зміни функції трубопровідної системи від чисто транспортної до транспортно-розподільної. Більшість вітчизняних нафтопродуктопроводів в своєму розвитку досягли стадії складної розгалуженої багатоадресної системи. Однак, як свідчить наш аналіз, нафтопродуктопроводи продовжують проєк-

тувати і експлуатувати за морально застарілими методиками і технологіями. Внаслідок цього ще на етапі проектування закладаються неоптимальні параметри нових транспортно-розподільних систем, а при експлуатації існуючих трубопроводів використовуються нераціональні режими перекачування нафтопродуктів, невміло реалізується технологія послідовного перекачування нафтопродуктів, що в кінцевому рахунку приводить до значного збільшення енергоємності перекачування і погіршення якості транспортованих нафтопродуктів.

Розробка концепцій ефективного функціонування і розвитку транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем, створення сучасних методів технологічних розрахунків і програмного забезпечення дозволять поліпшити якість проектування нових трубопроводів, підвищать ефективність експлуатації існуючих нафтопродуктопроводів, помітно зменшать затрати електроенергії при транспортуванні нафтопродуктів, сприятимуть збереженню якості послідовно перекачуваних нафтових палив.

Аналіз вірогідних джерел надходження нафти і нафтопродуктів в Україну, прогнозування напрямів і обсягів необхідного транспортування нафтопродуктів дозволять науково обґрунтувати необхідність подальшого розвитку трубопровідного транспорту нафтопродуктів, дасть можливість знайти проектну потужність транспортно-розподільних систем, дозволить розробити їх оптимальну конфігурацію і визначити обсяги відборів нафтопродуктів шляховими споживачами. Комплексна оптимізація перспективних нафтопродуктопроводів дасть змогу науково обґрунтувати їх технологічні параметри, що слугуватиме гарантією економічної і ефективною експлуатації транспортно-розподільних систем. За результатами оптимізації може бути розроблена обґрунтована генеральна схема розвитку нафтопродуктопроводів України.

Мета роботи. Розробка наукового, методичного і комп'ютерного забезпечення проектування та ефективного функціонування нафтопродуктопровідних систем довільної конфігурації для транспортування світлих і темних нафтопродуктів.

Основні завдання наукового дослідження. 1. Аналіз сьогоденних і перспективних потреб України в нафті і нафтопродуктах, вибір найвірогідніших джерел їх надходження в Україну.

2. Аналіз трубопровідної мережі України з точки зору її відповідності завданням нафтопродуктопостачання.

3. Дослідження пропускнув здатності існуючих нафтопродуктопроводів, обґрунтування необхідності подальшого розвитку трубопровідного транспорту нафтопродуктів в Україні.

4. Розробка наукових основ комплексної оптимізації параметрів складних за структурою нафтопродуктопровідних систем на етапі їх проектування, створення методів оптимізації і відповідного програмного забезпечення.

5. Розробка науково обґрунтованої генеральної схеми розвитку нафтопродуктопроводів в Україні за результатами оптимізації параметрів перспективних трубопровідних систем.

6. Аналіз і узагальнення результатів досліджень закономірностей сумішоутворення нафтопродуктів при їх послідовному перекачуванні в трубопроводі.

7. Розробка та оптимізація технології послідовного перекачування світлих нафтопродуктів прямим контактуванням і з використанням рідинних роздільників в розгалужених трубопроводах.

8. Розробка наукового і програмного забезпечення багатоваріантних гідравлічних розрахунків розгалужених нафтопродуктопроводів як засобу для досягнення їх ефективною та економічною експлуатації.

9. Розробка методів оптимізації режимів експлуатації складних нафтопродуктопровідних систем за критерієм мінімальних енергозатрат на транспортування нафтопродуктів.

II. Розробка наукових основ і програмного забезпечення проектування та експлуатації трубопроводів для транспортування високос'язких нафтопродуктів.

Наукова новизна. I. Вперше виконано обґрунтування необхідності подальшого розвитку трубопровідного транспорту нафтопродуктів в Україні на основі результатів дослідження пропускну здатності існуючих нафтопродуктопроводів, аналізу сьогоденних і перспективних потреб в нафтових енергоносіях, вірогідних джерел їх надходження в Україну.

2. Розроблені наукові основи, оригінальна математико-економічна модель і програмне забезпечення для комплексної оптимізації параметрів транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем з телескопічною структурою основної магістралі в однопіттовому і двопіттовому виконаннях.

3. Вперше шляхом математичного моделювання досліджений вплив розподільної функції (частки шляхового відбору нафтопродуктів) на виконання транспортно-розподільної системи (однопіттове чи двопіттове), на величину оптимальних технологічних параметрів і техніко-економічних показників.

4. Запропоновані критерії та методи оптимізації параметрів нафтопродуктопроводів з врахуванням факторів ринкових відносин.

5. Розроблені теоретичні основи технології послідовного перекачування нафтопродуктів з рідинними роздільниками із буферних нафтопродуктів і раніше утвореної суміші.

6. Виконані і проаналізовані експериментальні дослідження послідовного перекачування нафтопродуктів з рідинними розділь-

никами в лабораторних і промислових умовах.

7. Розроблені наукові основи розрахунку та оптимізації технології послідовного перекачування нафтопродуктів прямим контактуванням, а також з рідинними роздільниками в розгалужених нафтопродуктопроводах.

8. Вперше застосований метод скінченних елементів для уточненого розрахунку сумішоутворення двох і більше нафтопродуктів при їх послідовному перекачуванні в простих і складних нафтопродуктопроводах.

9. Запропонована оригінальна математична модель розгалуженого нафтопродуктопроводу довільної конфігурації як складної гідродинамічної системи, розроблені алгоритм і комп'ютерне забезпечення для проведення багатоваріантних гідравлічних розрахунків при різних варіантах підключення відводів.

10. Обґрунтований вибір критерію і розроблені метод та програмне забезпечення для оптимізації стратегії експлуатації розгалужених нафтопродуктопроводів при мінімальних енергозатратах на транспортування нафтопродуктів.

Теоретична і практична цінність досліджень. Теоретична цінність і практичне значення проведених досліджень полягають в розробці цілісної концепції ефективного функціонування і подальшого розвитку системи нафтопродуктопроводів України в умовах радикальних змін напрямків і величин потоків нафтопродуктів, переходу до ринкових відносин.

На основі комплексного аналізу існуючої інфраструктури системи нафтопродуктопостачання, результатів теоретичних і лабораторних досліджень, математичного моделювання на ПЕОМ розроблений пакет методик, алгоритмів та програм для оптимізації параметрів транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем на

етапі їх проектування, для багатоваріантних гідравлічних розрахунків, для розрахунку параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів прямим контактуванням та з рідинними роздільниками і, накінець, для оптимізації режимів перекачування нафтопродуктів за критерієм мінімальних енергозатрат.

Робота розширює діапазон знань про особливості процесів транспортування різносортних нафтопродуктів у складних за структурою трубопровідних системах, пропонує принципи їх технологічного проектування і гідродинамічного розрахунку, вирішує проблеми послідовного перекачування нафтопродуктів у транспортно-розподільних системах довільної конфігурації, пропонує способи визначення оптимальної стратегії і тактики експлуатації таких систем.

Робота містить науково обгрунтовану генеральну схему розвитку трубопровідного транспорту нафтопродуктів в Україні на перспективу до 2010 року, котра може служити базою подальших проектних і науково-дослідних робіт.

Рівень реалізації і впровадження наукових розробок. Основні питання, розглянуті в дисертаційній роботі, були включені в програми спільних науково-дослідних робіт Держкомнафтопродукту СРСР і УРСР, ВНІПТРАНСГАЗ та ІФІНГ, у відповідні програми Міністерства освіти України, а в 1994 році ввійшли в проект Національної програми "Трубопровідний транспорт України".

Науково обгрунтовані рекомендації по оптимальних режимах експлуатації транзитних і вітчизняних нафтопродуктопроводів, по реалізації технології послідовного перекачування нафтопродуктів, по зменшенню затрат електроенергії на транспортування, по нормуванню енергозатрат, по збереженню якості послідовно транспортованих нафтопродуктів впроваджені на підприємствах Прикарпатського районного управління магістральних нафтопродук-

топководів (1978-1982 р.р.), Кременчуцького управління магістральних нафтопродуктопроводів (1981 р.), Лисичанського управління магістральних нафтопродуктопроводів (1985-1988 р.р.), включені в проектні розробки інституту ВНПІТРАНСГАЗ (1975,1977, 1986-1990 р.р.). Сумарний економічний ефект в цінах 1984 року склав 909 тис.крб. Пакет методик і програм оптимізації технологічних параметрів та режимів роботи нафтопродуктопроводів складної конфігурації переданий в АТ "Інститут транспорту нафти" для використання в проектних і науково-дослідних роботах.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи висвітлені в доповідях і повідомленнях на:

Всесоюзній науковій конференції "Основные направления дальнейшего совершенствования трубопроводного транспорта" (Москва, 1974).

Всесоюзній науково-технічній конференції "Проблемы освоения Западно-Сибирского топливно-энергетического комплекса"(Уфа,1982).

Республіканській науково-технічній конференції "Основные направления повышения технического уровня транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов"(Київ, 1983).

Республіканській науково-технічній конференції "Проектирование, строительство и эксплуатация подземных хранилищ для нефтепродуктов и сжиженных газов"(Івано-Франківськ, 1984).

Всесоюзній науково-технічній конференції "Проблемы трубопроводного транспорта нефти и газа"(Івано-Франківськ, 1985).

Всесоюзній науково-технічній конференції "Нефть и газ Западной Сибири. Проблемы добычи и транспортировки" (Тюмень,1985).

Науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Івано-Франківського інституту нафти і газу (Івано-Франківськ, 1974-1995 роки, щорічно).

Технічних нарадах в Держкомнафтопродукті СРСР і УРСР, в галу-

зевих інститутах, в управліннях магістральних нафтопродуктопроводів.

В повному об'ємі результати досліджень доповідались на засіданні кафедри транспорту і зберігання нафти і газу ІФДТУНГ та науково-технічному семінарі факультету нафтогазопроводів (1995 р.).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 52 друковані роботи, в тому числі один навчальний посібник.

Структура дисертаційної роботи та обсяг. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, основних висновків і рекомендацій та додатків. Обсяг основної частини дисертації складає 283 сторінки, крім того, робота містить 61 таблицю, 23 рисунки, список використаних джерел із 253 найменувань.

Особистий внесок автора в розробку наукових результатів.

1. Автором розроблені математичні та математико-економічні моделі для всіх оптимізаційних і багатоваріантних гідродинамічних розрахунків транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем [1-15, 18-31, 33-43, 50-52].

2. Автором розроблений пакет із 12 прикладних програм для проектних і експлуатаційних розрахунків ізотермічних і неізотермічних нафтопродуктопроводів [44 - 46].

3. Автором висловлена ідея про можливість використання методу скінченних елементів для уточнених розрахунків параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів в простих і складних за структурою нафтопродуктопроводах [47-49].

4. Автор брав безпосередню участь у плануванні і проведенні лабораторних експериментів, в проведенні багатоваріантних розрахунків на ПЕОМ, виконав аналіз і узагальнення одержаних результатів, брав участь у впровадженні результатів досліджень у виробництво [16,17,32,40].

Характеристика методології, методу дослідження, предмету і об'єкта.

Робота присвячена вирішенню проблеми підвищення ефективності технологічного проектування і експлуатації нафтопродуктопровідних систем України шляхом розробки науково обгрунтованих методів технологічних розрахунків та оптимізації, реалізації їх в програмному забезпеченні для ПЕОМ, впровадження прогресивних технологій транспортування і розподілу різносортих нафтопродуктів. В процесі теоретичних досліджень і математичного моделювання на ЕОМ перевіряється гіпотеза про суттєвий вплив розподільної функції на комплекс оптимальних технологічних параметрів, техніко-економічних показників і раціональну стратегію експлуатації нафтопродуктопровідних систем. В роботі реалізована ідея системного підходу до питань оптимізації технологічних параметрів і гідродинамічних режимів функціонування транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем.

Дослідження базуються на методах математичного моделювання гідродинамічних процесів і процесів тепломасопереносу в трубопроводах довільної структури і конфігурації. Для розрахунку параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів, окрім методів математичної фізики, застосований перспективний та універсальний метод скінченних елементів. При оптимізації параметрів транспортно-розподільних систем використовуються сучасні методи техніко-економічних досліджень і комплексного аналізу економічних і фінансових показників. Всі методи технологічних розрахунків і оптимізації реалізовані в оригінальних програмах для ПЕОМ.

ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі виконаний аналіз трубопровідної мережі України з точки зору її відповідності завданням нафтопродуктопо-

стачання. Природна обмеженість власних ресурсів змушує Україну імпортувати переважну частину нафти і газу. Основним джерелом поставок нафти в Україну на сьогоднішній день є Росія. Досвід розвинутих країн, які також не мають достатніх природних ресурсів переконливо свідчить, що диверсифікація джерел надходження нафти і газу є обов'язковою умовою їх ефективною енергетичною політики. Тому і Україні, не відмовляючись від традиційних джерел, доцільно вести роботу по пошуку альтернативних джерел поставок нафтових енергоносіїв. Нами виконаний аналіз доцільності та ефективності реалізації найбільш імовірних альтернативних варіантів поставки нафти в Україну з позицій забезпечення її енергетичної безпеки. Показано, що вирішення питання диверсифікації джерел поставок нафтових енергоносіїв вимагає створення нових пунктів приймання нафти, радикальної зміни напрямків вантажопотоків, подальшого розвитку транспортної мережі, в першу чергу, трубопровідної системи.

Проведений аналіз обсягів споживання нафти в Україні на сьогоднішній день і на перспективу. Аналіз базується на даних по споживанню нафти і нафтопродуктів за останній докризовий 1990 рік. Для визначення імовірних обсягів споживання на перспективу порівнювалися між собою результати відповідного прогнозу згідно з Національною програмою "Нафта і газ України на 1993–2010 р.р.", а також результати експертної оцінки розвитку транспортного сектора економіки України.

Результати прогнозування за різними методиками свідчать, що потреба в нафті на перспективу до 2010 року може складати 45–60 млн.т/рік залежно від глибини переробки нафти і використання енергозберігаючих технологій. Загальна потужність вітчизняних нафтопереробних заводів перевищує 60 млн.т/рік, тобто

повністю може задоволити потреби економіки країни в обсягах нафтопереробки. Це свідчить про доцільність імпорту в Україну саме нафти, а не продуктів її переробки.

Визначені обсяги та напрями перспективних потоків світлих нафтопродуктів з врахуванням існуючих транспортно-економічних зв'язків, фактичного стану інфраструктури нафтопродуктопостачання, існуючих домовленостей про поставки нафтових енергоносіїв. Одержані результати прогнозу виробництва, споживання, напрямків та обсягів необхідного транспортування нафтопродуктів послужили основою для визначення продуктивності і конфігурації перспективних нафтопродуктопровідних систем, технологічні параметри яких оптимізуються в наступних розділах роботи.

Аналіз показав, що на сьогоднішній день трубопровідний транспорт нафтопродуктів в Україні розвинутий ще недостатньо і тому не зможе ефективно функціонувати при прийманні нафти з альтернативних джерел. Тільки два із восьми вітчизняних нафтопереробних заводів мають достатньо розвинену мережу трубопроводів для транспортування і розподілу нафтопродуктів споживачам, лише 20% нафтобаз забезпечені трубопровідним зв'язком з вітчизняними НПЗ, а 8% нафтобаз під'єднані до транзитних магістралей. Суттєві зміни в конфігурації трубопровідних систем, в енергетичному забезпеченні перекачування нафтопродуктів, неодноразові відхилення від проектних рішень в процесі будівництва трубопроводів роблять необхідним виконання комплексних досліджень з метою визначення фактичної пропускної здатності кожного із діючих трубопроводів і існуючої системи в цілому. Теоретичний і практичний інтерес представляє розробка технологічних карт режимів роботи розгалужених нафтопродуктопроводів при всіх можливих варіантах поставки нафтопродуктів шляховим споживачам. Аналіз технологічних карт дозволить науково

обґрунтувати річні обсяги поставок нафтопродуктів споживачам, оптимізувати режими перекачування за критерієм мінімальних затрат електроенергії, правильно організувати послідовне перекачування різносортних нафтопродуктів.

За розробленими нами методиками і програмним забезпеченням виконані комплексні багатоваріантні гідравлічні розрахунки всіх існуючих нафтопродуктопровідних систем України з врахуванням їх фактичного стану, конфігурації, характеристик насосного обладнання. За результатами побудовані технологічні карти раціональних режимів експлуатації і визначена пропускна здатність при різних технологіях роботи.

Комплексні гідравлічні розрахунки виявили ряд недоліків, допущених при проектуванні нафтопродуктопровідних систем складної конфігурації. Нами розроблені конкретні рекомендації по усуненню цих недоліків та підвищенню ефективності експлуатації кожного із нафтопродуктопроводів України.

В другому розділі розроблені наукові основи оптимізації параметрів транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем на етапі їх проектування.

На початку 80-их років потреби нафтопродуктопостачання об'єктивно викликали необхідність будівництва складних систем нафтопродуктопроводів, які складаються з основної магістралі та численних відгалужень і відводів до шляхових споживачів. Це принципово змінило основну функцію нафтопродуктопроводів. Із чисто транспортної вона перетворилась в транспортно-розподільну. Зміна структури та функцій нафтопродуктопроводів привели до порушення тих умов, котрі раніше забезпечували ефективну реалізацію технології послідовного перекачування різних груп нафтопродуктів.

Таким чином, склались об'єктивні передумови для перегляду

існуючої концепції розвитку нафтопродуктопровідного транспорту.

Досвід проектування та експлуатації розгалужених нафтопродуктопровідних систем України свідчить, що курс на створення складних багатонаддресних транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем відповідає сучасним потребам економіки нашої країни і тому повинен проводитись і в наступне десятиріччя. Однак концепція оптимальної структури нафтопродуктопровідних систем вимагає детального аналізу і суттєвих змін.

Альтернативна існуючій, технологія окремого перекачування бензинів і дизельних палив передбачає спорудження замість однієї труби більшого діаметра двох паралельних трубопроводів меншого діаметра. По одному трубопроводу перекачуються послідовно всі марки бензинів, по другому транспортуються всі сорти дизельного палива і гасу. Перекачувальні станції працюють одночасно на дві нитки, для цього на них передбачаються дві групи насосів.

В роботі реалізується практичний підхід до проблеми оптимізації нафтопродуктопровідних систем, якому, крім автора даної роботи, віддавали перевагу М.В. Лур'є, В.Ф. Новосьолов, М.В. Генкіна, Е.М. Муфтахов та інші.

Заданий вантажопотік і дальність транспортування нафтопродуктів не визначає однозначно основні параметри трубопровідної системи. Існує можливість довільного вибору (звичайно, в певних межах) діаметра труб, величини робочого тиску, а також числа паралельних ниток трубопроводу. Причому, для розгалуженого нафтопродуктопроводу вибір варіантів значно більший, бо основна магистраль може мати різну структуру, тобто складатись із ділянок з різними наборами діаметрів труб.

Не всі варіанти трубопровідної системи, одержані перебором можливих значень вказаних вище параметрів, можна реалізувати

на практиці. Теорією і практикою трубопровідного транспорту визначений діапазон допустимих швидкостей руху нафтопродуктів в трубопроводах, який виділяє технологічно можливі варіанти транспортно-розподільної системи.

Якщо серед можливих варіантів нафтопродуктопровідних систем відібрати технічно і технологічно допустимі, то виникає питання знаходження найкращого із них. Тому можна поставити задачу оптимізації параметрів нафтопродуктопроводу за наперед вибраним критерієм. Серед численних критеріїв вибираємо, згідно з діючим положенням, приведені затрати на будівництво і експлуатацію розгалуженої нафтопродуктопровідної системи. Це комплексний показник, який враховує як капітальні, так і експлуатаційні затрати. При цьому вважаємо, що всі конкуруючі варіанти трубопровідних систем здатні виконати свою транспортно-розподільну функцію і є рівнозначними з точки зору надійності, технологічності, екологічності, а відрізняються тільки за вартістю.

Для створення математико-економічної моделі параметри системи необхідно ув'язати між собою системою рівнянь. Чільне місце в цій системі займають рівняння збереження маси транспортованих нафтопродуктів та рівняння балансу тисків у трубопроводі. Вказані базові рівняння доповнюються моделями, що характеризують процес змішування нафтопродуктів при їх послідовному перекачуванні. І, накінець, записуються рівняння, які враховують всі складові капітальних вкладень і експлуатаційних затрат.

Для розв'язування вказаної задачі нами розроблена математико-економічна модель розгалуженої нафтопродуктопровідної системи у вигляді оптимізаційного алгоритму та пакета прикладних програм для персональних ЕОМ.

Оптимізаційні розрахунки проводяться в кілька етапів. Спо-

чатку оптимізуються параметри нафтопродуктопроводу в однитковому виконанні. Як первинні, незалежні, але варіювальні параметри вибрані структура основної магістралі (діаметр кожної її ділянки) і величина робочого тиску. За математико-економічною моделлю визначається комплекс оптимальних параметрів одниткового нафтопродуктопроводу. Далі аналогічні розрахунки проводяться для двониткової трубопровідної системи, яка проектується із двох трубопроводів (першого для перекачування автомобільних бензинів і другого для транспортування дизельних палив). На останній стадії оптимізаційного процесу порівнюються техніко-економічні показники найкращих варіантів одно- і двониткових нафтопродуктопроводів і знаходиться оптимальний варіант транспортно-розподільної системи.

Оптимізація параметрів нафтопродуктопровідної системи включає комплекс механічного і гідравлічного розрахунків, обчислення параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів, розрахунок економічних показників.

Розроблена нами методика оптимізації розгалужених нафтопродуктопроводів суттєво відрізняється від раніше відомих. Вона дозволяє оптимізувати нафтопродуктопровідні системи з телескопічною структурою основної магістралі, накладає технологічні обмеження швидкості руху нафтопродуктів на ділянках трубопроводу, враховує вплив шляхових відборів нафтопродуктів на режим послідовного перекачування, циклічність і необхідний об'єм резервуарної ємності. Параметри послідовного перекачування нафтопродуктів визначаються з врахуванням величини допустимих концентрацій нафтопродуктів і оптимальних варіантів розкладання суміші в кінці трубопроводу. Для проведення техніко-економічних розрахунків використані найновіші показники, які проіндексовані з врахуванням фактичного рівня цін і тенденцій їх зміни. Економічні розрахунки

прив'язані до умов проектування нафтопродуктопровідних систем України. Методики гідравлічного розрахунку та визначення параметрів послідовного перекачування базуються на теоретичних положеннях, розроблених автором в подальших розділах даної роботи.

Використання математико-економічних моделей розгалужених нафтопродуктопроводів та відповідного програмного забезпечення дозволило нам всесторонньо дослідити вплив розподільної функції (частки шляхового відбору нафтопродуктів) на величину технологічних параметрів і значення техніко-економічних показників транспортно-розподільних систем. Математичні дослідження з допомогою модельного трубопроводу показали, що частка шляхового відбору нафтопродуктів є основним фактором, який визначає виконання системи (одониткове чи двониткове). Величина шляхового відбору суттєво впливає також на оптимальну структуру основної магістралі і на значення техніко-економічних показників розгалужених нафтопродуктопровідних систем.

Другий розділ містить також результати апробації розроблених нами математико-економічних моделей та програмного забезпечення для оптимізації технологічних параметрів 18 перспективних нафтопродуктопроводів України, які доцільно побудувати для покращення нафтопродуктопостачання всіх регіонів України.

Для кожного трубопроводу або експлуатаційної ділянки прораховувались всі технологічно можливі варіанти транспортно-розподільної системи в одно- і двонитковому виконанні. За мінімумом приведених затрат знаходились оптимальні варіанти трубопроводів.

Аналіз результатів оптимізації дозволив визначити, для яких трубопровідних систем оптимальним є одониткове виконання, а які транспортно-розподільні системи економічно вигідніше збудувати в двонитковому виконанні. За результатами оптимізації розроблена

науково обґрунтована генеральна схема розвитку трубопровідного транспорту нафтопродуктів в Україні на перспективу до 2010 року.

Описані вище методи оптимізації базуються на використанні традиційного критерію - мінімуму приведених затрат на будівництво і експлуатацію трубопровідної системи. Поява в останні роки нових методів техніко-економічних досліджень та обґрунтувань, в яких економічні та фінансові показники визначаються з врахуванням факторів ринкової економіки і фактора часу, зробила можливим використання нетрадиційних підходів і критеріїв оцінки економічності та оптимальності параметрів трубопровідних систем. Тому нами запропонована методика оптимізації, в якій економічність проекту транспортно-розподільної нафтопродуктопровідної системи оцінюється за наступним комплексом техніко-економічних показників: балансовий прибуток, інтегральний економічний ефект за розрахунковий період, дисконтований інтегральний економічний ефект і внутрішня норма рентабельності.

За розробленою методикою та програмою для ПЕОМ нами виконані оптимізаційні розрахунки для всіх перспективних нафтопродуктопровідних систем України. Аналіз результатів показує, що в переважній більшості випадків дві методики оптимізації дають тотожні результати. Це підтверджує правомірність використання критерію мінімуму приведених затрат для оптимізації параметрів трубопроводів в умовах ринкової економіки. Як показали наші дослідження, запропоновану методику розрахунку комплексу спеціальних для ринкової економіки показників можна з успіхом використовувати на другому етапі оптимізації і оцінки економічної ефективності проекту нафтопродуктопроводу. За цією методикою можна, наприклад, виконати оптимізацію термінів спорудження окремих черг складної нафтопродуктопровідної системи.

Третій розділ присвячений розробці теоретичних основ послідовного перекачування нафтопродуктів в трубопроводах довільної конфігурації. Теоретичними і практичними аспектами цієї технології займалися десятки вчених. Це творці московської наукової школи В.С.Яблонський, В.І.Чернікін, В.О.Юфін, М.В.Лур'є, В.І.Марон і їх учні. Це представники уфимської школи В.Ф.Новосьолов, П.І.Ту-гунов, М.В.Нечваль, А.Ш.Асатурян, А.К.Галлямов, О.І.Гольянов, Г.З.Закіров, А.М.Шамазов та багато їх учнів. В Україні питаннями послідовного перекачування нафтопродуктів займалися К.Д.Фролов, І.Х.Хізгілов, С.С. Шнерх, М.В.Якимів.

Помітний вклад в теорію сумішоутворення рідин при послідовному перекачуванні внесли вчені далекого зарубіжжя Д.Тейлор, Ф.Фоллер, Г.Брун, Ф.С'єнітцер, Р.Арїс, Х.Балей, В.Хогарті, Л.Тіхасек і багато інших. Особливо велика роль робіт Тейлора, які мали вирішальний вплив на всі подальші дослідження в даній області.

Не дивлячись на велику кількість досліджень, проблематика, зв'язана з реалізацією послідовного перекачування нафтопродуктів на реальних трубопроводах, до сьогодення часу не вичерпана і залишає широке поле наукової діяльності. Необхідним є аналіз та узагальнення наукових досліджень в даній області, вибір тих теоретичних концепцій, які устоялись і знайшли надійне підтвердження в практиці експлуатації магістральних нафтопродуктопроводів. У зв'язку з масовим будівництвом в останнє десятиріччя розгалужених багатоадресних трубопроводів і зміною їх функцій стало необхідним розробити методику розрахунку параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів в складних трубопровідних системах.

Аналіз більш як 20-річної практики проектування та експлуатації нафтопродуктопроводів, в тому числі трубопровідних систем України, дав нам можливість зробити критичний аналіз і узагальнен-

ня результатів досліджень всіх аспектів процесу сумішоутворення продуктів при їх послідовному перекачуванні, вибрати математичні моделі, найбільш адекватні реальним процесам, і рекомендувати їх для застосування в інженерній та науковій діяльності.

Для розробки методів розрахунку параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів прямим контактуванням і з роздільниками необхідно було попередньо конкретизувати питання про вплив різниці в'язкості рідин на процес їх сумішоутворення в трубопроводі.

Автором даної роботи разом з Й.В.Якимівим і К.Д.Фроловим виконані експериментальні дослідження впливу різниці в'язкості послідовно транспортованих рідин на процес їх змішування в трубопроводі. Для проведення дослідів підбирались робочі рідини, в'язкість яких близька до в'язкості нафтопродуктів, котрі перекачуються по реальних трубопроводах. Такій умові відповідає вода і водний розчин карбоксиметилцелюлози (КМЦ) певної концентрації. На нашу думку, використання розчину КМЦ має переваги, порівняно із застосуванням для подібних досліджень розчину гліцерину. Експерименти проводились на створеній нами лабораторній установці, яка дозволяє моделювати широке коло процесів, зв'язаних з послідовним перекачуванням нафтопродуктів в трубопроводах. За даними дослідів нами побудовані графіки залежності миттєвої концентрації в'язкої рідини від величини параметра Z (рис.1). Розрахунки свідчать, що гранична відносна похибка експериментальних даних не перевищує $\pm 8\%$. На графіки з відповідними дослідними значеннями миттєвих концентрацій компонентів суміші наносились також теоретичні залежності. Проведені дослідження показали, що при тих співвідношеннях в'язкостей, які можуть мати місце в практиці послідовного перекачування світлих нафтопродуктів, вплив різниці в'язкостей на розподіл концентрацій відносно невеликий і може не враховуватись при

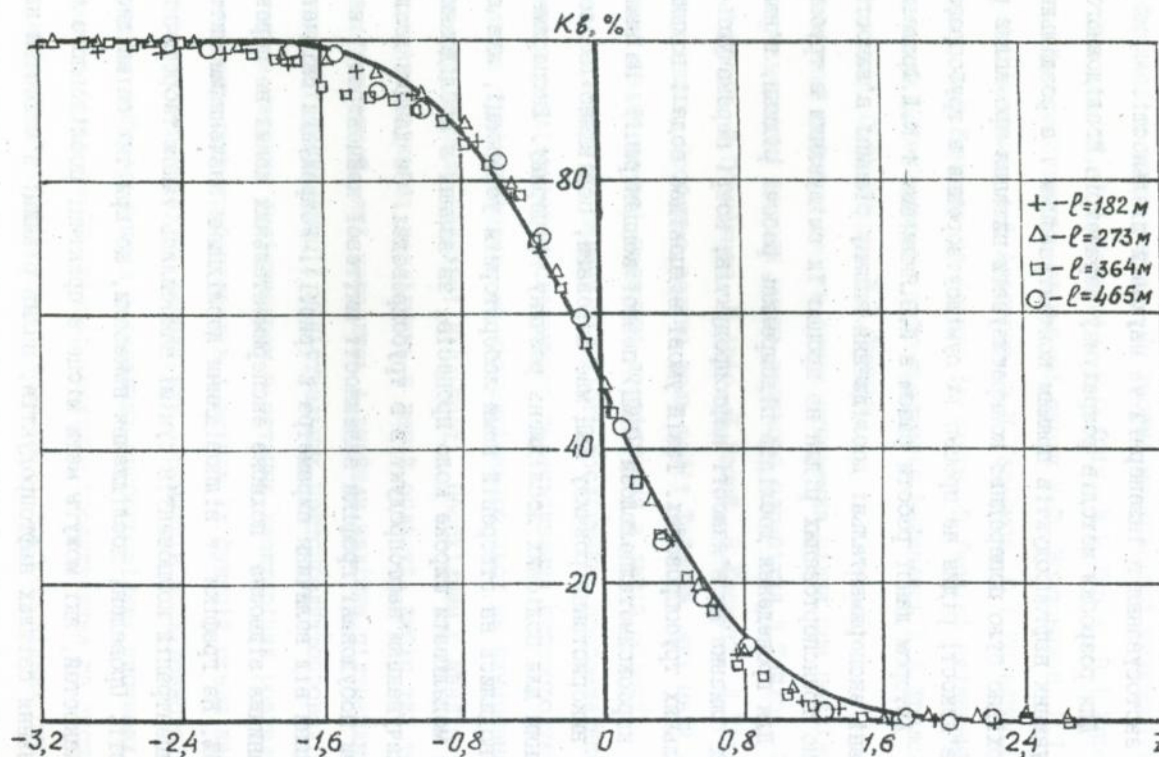


Рис. I. Залежність концентрації другої в контакті рідини від величини параметра $Z = \frac{1}{2} Pe^{0.5} \frac{x}{z}$ при заміщенні малов'язкої рідини більш в'язкою (концентрація КМЦ $C = 6 \text{ кг/м}^3$)

виконанні практичних розрахунків. Це доказує правомірність використання запропонованих нами методик розрахунку параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів як прямим контактуванням, так і з рідинними роздільниками в розгалужених нафтопродуктопроводах. Теоретичний розподіл концентрацій компонентів суміші може бути знайдений за ефективним коефіцієнтом дифузії, який обчислений для 50%-ої суміші нафтопродуктів. Однак, як свідчать наші дослідження, при відносно невеликій усередненій для всієї зони суміші різниці дослідних і розрахункових даних, в периферійній частині зони суміші експериментальна крива помітно відрізняється від теоретичної залежності, обчисленої без врахування зміни в'язкості послідовно транспортованих рідин. Це свідчить про необхідність розробки методів уточненого розрахунку параметрів послідовного перекачування рідин з суттєвою різницею в'язкостей. Тому нами в даному розділі запропонована оригінальна методика врахування різниці в'язкостей послідовно транспортованих нафтопродуктів, котра базується на використанні методу скінченних елементів. Використовуючи вказаний математичний апарат, можна визначати закономірності розподілу концентрацій дво- і багатоконпонентної суміші по довжині зони змішування з врахуванням зміни ефективного коефіцієнта дифузії залежно від в'язкості рідини в кожному перерізі трубопроводу. Даний метод розрахунку універсальний, бо дозволяє використовувати будь-які теоретичні і експериментальні моделі. Змінюючи довжину скінченного елемента, а отже, і їх кількість в межах зони суміші, можна добитися будь-якої заданої точності розрахунків. При використанні узагальненої моделі для ефективного коефіцієнта дифузії і формули Здановського для в'язкості суміші початкове матричне рівняння має вигляд

$$N(K)K + M\dot{K} = 0,$$

(I)

$$\text{де } N(K) = D_a \int_{L_{TC}} \frac{\partial F}{\partial x} (1 + \mu F^T K)^\omega \frac{\partial F}{\partial x} dx; \quad M = \int_{L_{TC}} F F^T dx; \quad \dot{K} = \frac{\partial K}{\partial t}; \quad (2)$$

F^T - інтерполяційна функція; K - вектор невідомих концентрацій; D_a - ефективний коефіцієнт дифузії, обчислений для продукту, що рухається попереду; μ, ω - коефіцієнти математичної моделі; t - час змішування; L_{TC} - довжина "голови" суміші; x - віддаль до початку рухомої системи координат.

Перспективним і економічним заходом по зменшенню сумішоутворення нафтопродуктів, поліпшенню якості суміші, полегшенню її розкладання в кінцевому пункті трубопроводу є використання рідинних роздільників.

Роздільником може бути одна або кілька рідин, які у вигляді пробок закачуються між послідовно транспортованими нафтопродуктами. Як буферні рідини підбирають нафтопродукти, які за своїми властивостями більш сумісні з кожним транспортованим нафтопродуктом, ніж вони самі між собою. Як показали наші дослідження, ефективність використання буферного роздільника залежить як від розмірів пробки, так і від ступеня сумісності її рідин з кожним із транспортованих по трубопроводу нафтопродуктів.

Аналіз темпу утворення суміші нафтопродуктів при їх послідовному перекачуванні показує, що спочатку, при великих градієнтах концентрацій, має місце інтенсивне зростання області суміші. Потім градієнт концентрацій зменшується і темп зростання розмірів суміші сповільнюється. Утворена суміш грає роль своєрідного буфера між чистими нафтопродуктами. На цьому явищі базується технологія використання пробок із раніше утвореної суміші як роздільників при послідовному перекачуванні нафтопродуктів в складних трубопроводах.

Питаннями використання рідинних роздільників при послідовно-

му перекачуванні одночасно займались дві групи вчених: Лур'є М.В., Марон В.І., Шварц М.Є. в Москві і Фролов К.Д., Якимів П.В. і автор даної роботи в Івано - Франківську.

Найбільш повно і детально технологія використання рідинних роздільників при послідовному перекачуванні нафтопродуктів розроблена автором даної роботи. Розглянуті всі аспекти застосування однієї, двох і трьох пробок із буферних продуктів. Одержані залежності для розподілу концентрацій багатоконпонентних сумішей по довжині зони змішування. Розроблена методика приймання багатоконпонентної суміші в кінці нафтопродуктопроводу. Виконана оптимізація об'ємів рідинних роздільників і варіантів розкладання багатоконпонентної суміші із умови мінімуму резервуарної ємності, необхідної для виправлення суміші, а також із умови мінімуму приведених затрат, необхідних для реалізації послідовного перекачування нафтопродуктів. Запропоновані формули для мінімальних об'ємів партій і циклічності при послідовному перекачуванні нафтопродуктів з пробками із буферних нафтопродуктів.

В ряді робіт аналогічні задачі розв'язані нами для всіх можливих випадків використання роздільників із суміші нафтопродуктів. Теоретичні розробки підтверджені результатами проведених нами експериментальних досліджень. Експерименти проводились на установці, яка дозволяє моделювати процес одночасного змішування в трубопроводі кількох послідовно транспортованих рідин.

Як робочі рідини нами використовувались вода і водні розчини NaCl різної концентрації. Метою експериментів було одержання дослідним шляхом графіків розподілу концентрацій рідин по довжині зони змішування. За даними дослідів визначались також значення ефективного коефіцієнта дифузії і порівнювались з результатами обчислень за математичними моделями. Для знаходження дослідних значень

коефіцієнта дифузії використовувались два способи – метод, що базується на визначенні дисперсії кривої розподілу концентрацій, і інтегральний метод, що базується на знаходженні кількості сторонніх рідин, які потрапляють у вихідні продукти в результаті їх змішування. Дослідження показали, що інтегральний метод в більшості випадків дає більш надійні результати. Аналіз дослідних і теоретичних кривих, підрахунок середнього квадратичного відхилення δ показав, що в центральній частині суміші одержано хорошу збіжність теоретичних і дослідних даних ($\delta < 5\%$), тоді як на периферії зони суміші збіжність результатів задовільна ($\delta < 20\%$).

В цілому, результати наших експериментів підтверджують можливість використання запропонованих нами методик для розрахунку і оптимізації параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів з рідинними роздільниками.

Автором даної роботи спільно з К.Д.Фроловим і Й.В.Якимівим були проведені промислові експерименти на одній із дільниць нафтопродуктопроводу Центр-Захід, де широко використовувався метод послідовного перекачування світлих нафтопродуктів з роздільними пробками із раніше утвореної суміші. Обробка промислових даних показала, що характер розподілу концентрацій у випадку використання пробок із суміші близький до закономірностей розподілу концентрацій, одержаного при таких же умовах на дослідній установці, і достатньо узгоджується з результатами наших теоретичних досліджень. Досвід промислових послідовних перекачувань з роздільниками із суміші підтверджує зроблені раніше на основі теоретичних і лабораторних досліджень висновки про доцільність і ефективність використання такої технології на вітчизняних нафтопродуктопроводах.

В роботі пропонується також комплекс методик, що дозволяють розрахувати та оптимізувати всі основні параметри послідовного

перекачування нафтопродуктів в розгалужених нафтопродуктопровідних системах: об'єм суміші, об'єми сторонніх рідин, що попадають в резервуари з товарними нафтопродуктами при розкладанні суміші, число циклів послідовного перекачування та мінімальні об'єми партій транспортованих нафтопродуктів. Дослідження виконані нами як для прямого контактування нафтопродуктів, так і для випадків використання одного і двох роздільників із буферних нафтопродуктів. Оптимізовані об'єми роздільників і варіанти розкладання багатокomпонентної суміші як в кінці трубопроводу, так і в кінці будь-якого відводу. Розроблена методика оптимізації комплексу параметрів послідовного перекачування з рідинними роздільниками на етапі проектування розгалуженого нафтопродуктопроводу. Практичне використання запропонованих нами методик ілюструється конкретними прикладами розрахунків. Наприклад, при послідовному перекачуванні нафтопродуктів з двома роздільниками із буферних продуктів оптимальні об'єми роздільників і оптимальний варіант розподілу чотирикomпонентної суміші із умови мінімального об'єму резервуарів для її "виправлення" знаходиться шляхом розв'язування наступної системи трансцендентних рівнянь

$$\Phi(Z_d + Z_c + Z_1) = \frac{\frac{1}{K_{ba}} - \frac{1}{K_{ba} n_4} - \frac{1}{K_{ab} n_3}}{\frac{1}{K_{ba}} - \frac{1}{K_{ba} n_4} + \frac{1}{K_{ab} n_3}} ; \quad (3)$$

$$\Phi(Z_c + Z_1) = \frac{\frac{1}{K_{ba} n_2} - \frac{1}{K_{ba} n_4} + \frac{1}{K_{ab} n_1} - \frac{1}{K_{ab} n_3}}{\frac{1}{K_{ba} n_2} - \frac{1}{K_{ba} n_4} - \frac{1}{K_{ab} n_1} + \frac{1}{K_{ab} n_3}} ; \quad (4)$$

$$\Phi(Z_1) = \frac{\frac{1}{K_{ba} n_2} - \frac{1}{K_{ab}} + \frac{1}{K_{ab} n_1}}{\frac{1}{K_{ba} n_2} + \frac{1}{K_{ab}} - \frac{1}{K_{ab} n_1}} . \quad (5)$$

де K_{ab} , K_{ba} - допустимі концентрації нафтопродуктів А в В і В

в А відповідно; n_1, n_2, n_3, n_4 - коефіцієнти запасу концентрацій буферних нафтопродуктів С і D.

За знайденими значеннями інтеграла імовірності $\Phi(Z_d + Z_c + Z_1)$, $\Phi(Z_c + Z_1)$ і $\Phi(Z_1)$ визначаються параметри Z_d , Z_c і Z_1 . Параметр Z_1 відповідає оптимальному варіанту розділення чотириконтентної суміші в кінці трубопроводу або будь-якого відводу, а параметри Z_c і Z_d дозволяють обчислити оптимальні об'єми рідинних роздільників із нафтопродуктів С і D відповідно.

Даний розділ містить також результати використання методу скінченних елементів для розв'язування комплексу завдань, зв'язаних із змішуванням різносортих нафтопродуктів при їх послідовному перекачуванні в трубопроводах довільної конфігурації. Запропонований розв'язок рівняння турбулентної дифузії методом скінченних елементів з врахуванням несиметричності і фізичної обмеженості розмірів "голови" суміші. Розроблена програма для реалізації методики розрахунку. Запропоновані методики і програми для розрахунку методом скінченних елементів сумішоутворення двох і більше нафтопродуктів з врахуванням різниці їх в'язкостей. Нелінійне диференціальне рівняння турбулентної дифузії в цьому випадку розв'язується методом Ньютона-Рафсона.

Четвертий розділ роботи присвячений розробці методичного і програмного забезпечення розрахунку та оптимізації режимів роботи розгалужених нафтопродуктопроводів як засобу для досягнення їх ефективною та економічною експлуатації.

На сьогоднішній день методичні основи проектування і експлуатації складних багатоадресних нафтопродуктопровідних систем розроблені ще недостатньо. Це відноситься, в першу чергу, до методик гідравлічного розрахунку розгалужених нафтопродуктопроводів, які вимагають подальшого розгляду і конкретизації.

Основи теорії гідравлічного розрахунку розгалужених нафтопродуктопроводів заклали роботи М.В.Лур'є, В.А.Табахова, В.Ф.Новосолова, Г.З.Закірова, В.А.Юфіна, А.Д.Прохорова та інших. З 1981 року під керівництвом автора почалась розробка методів гідравлічного розрахунку розгалужених трубопроводів на прикладах нафтопродуктопровідних систем Кременчуцького та Лисичанського управлінь. В результаті досліджень розроблені оригінальні методики розрахунку, запропонований пакет прикладних програм для ЕОМ, розроблені технологічні карти всіх можливих режимів роботи, дані конкретні рекомендації по підвищенню ефективності експлуатації основних нафтопродуктопроводів України.

Як базові рівняння використовуємо рівняння балансу напорів, записані для основної магістралі і всіх напрямів руху нафтопродуктів, що включають частину магістралі та відповідний відвід. Рівняння балансу напорів доповнюються рівняннями балансу витрат нафтопродуктів. Складність розв'язування початкової системи рівнянь полягає в тому, що коефіцієнти гідравлічного опору діляниць є складними функціями невідомих величин витрат нафтопродуктів. До того ж вид функціональної залежності залежить від режиму руху нафтопродуктів у трубопроводі. Тому для розв'язування системи трансцендентних рівнянь використовуємо метод послідовних наближень, який реалізований на ЕОМ. Нами розроблені методика і програмне забезпечення, котрі дозволяють автоматизувати виконання багатоваріантних гідравлічних розрахунків нафтопродуктопроводу зі структурою "складного дерева" і кількома перекачувальними станціями. Ці розробки використані нами при проведенні комплексних гідравлічних розрахунків існуючих та перспективних нафтопродуктопровідних систем України і складанні технологічних карт їх роботи, які є основою для виконання оптимізаційних розрахунків як при

проектуванні, так і при експлуатації трубопроводів.

Слід відмітити, що завдання оптимізації режимів роботи складних розгалужених трубопроводів, на яких реалізується послідовне перекачування нафтопродуктів, на порядок складніше, порівняно з аналогічною задачею, поставленою стосовно простої трубопровідної системи, і тому вимагає окремих всесторонніх досліджень. Таким чином, у процесі експлуатації розгалуженого нафтопродуктопроводу обов'язково постає питання про оптимізацію, але не структури і параметрів, як на етапі проектування, а гідравлічних режимів його роботи. У цьому випадку відомими є конфігурація та геометричні параметри трубопровідної системи, обсяги поставок нафтопродуктів кожному споживачу, фізичні властивості транспортованих нафтопродуктів, конкретні характеристики насосного обладнання станцій.

Необхідно запропонувати найкращі з технологічної і економічної точок зору режими експлуатації складної трубопровідної системи. Зразу ж виникає питання вибору критерію, за яким слід виконувати оптимізацію. На нашу думку, яка підтверджена результатами теоретичних досліджень і оптимізаційних розрахунків, для трубопроводів України, що працюють з неповним завантаженням в умовах жорсткого дефіциту електроенергії, як основний критерій оптимізації слід взяти мінімум електроенергії на перекачування нафтопродуктів.

Розроблені нами оптимізаційний алгоритм та програма базуються на симплекс-методі. Програмне забезпечення використане для оптимізації режимів роботи системи нафтопродуктопроводів Лисичанського УМН. Розрахунки показали, що за рахунок оптимізації режимів роботи економія електроенергії на перекачування нафтопродуктів складає 1-20% залежно від трубопроводу. Ефект від оптимізації режимів залежить від конфігурації нафтопродуктопроводу, завантаженості системи, розподілу вантажопотоків по споживачах. За замовленням

Лисичанського УМН нами виконані також дослідження обґрунтованості перспективних планів поставок нафтопродуктів споживачам. Розрахунки показали, що навіть при повному використанні існуючих потужностей планові поставки бензинів на Запорізьку нафтобазу та дизельних палив на Нижньодніпровський наливний пункт неможливо виконати без корінної реконструкції основної магістралі.

Таким чином, використання запропонованої нами методики оптимізації та відповідного пакета програм дозволяють не тільки розробити оптимальну стратегію експлуатації транспортно-розподільної нафтопродуктопровідної системи, але і скорегувати до технологічно можливих значень плани поставок нафтопродуктів споживачам.

В п'ятому розділі представлені результати розробки методичного та програмного забезпечення проектування трубопроводів для перекачування нафтопродуктів з підігрівом.

Узагальнення результатів наших багаторічних досліджень з питань трубопровідного транспорту високов'язких рідин дозволили запропонувати пакет методик і програм для виконання проектних теплогідрравлічних розрахунків неізотермічних трубопроводів при перекачуванні як однієї, так і кількох високов'язких рідин. Методики розрахунку базуються на розроблених нами в ряді робіт теоретичних основах послідовного перекачування високов'язких нафт і нафтопродуктів при неізотермічному режимі.

Розроблені методика та програмне забезпечення виконання проектних теплогідрравлічних розрахунків у випадках використання вторинного тепла компресорних станцій поблизу розташованих газопроводів для підігріву нафти або нафтопродуктів в трубопроводах.

Запропонована методика проектного розрахунку конкуруючих варіантів неізотермічного трубопроводу, яка може бути застосована на першому етапі проектування, коли необхідно прорахувати велику

кількість варіантів, що відрізняються діаметром трубопроводу, значеннями початкової та кінцевої температури рідини, видом теплової ізоляції та її товщиною. Середньоінтегральне значення в'язкості транспортованої рідини обчислюється методом Сімпсона за формулою

$$v_{\text{ср}}^m = \frac{\int_{t_{\text{к}}}^{t_{\text{п}}} \frac{a^m \exp(-\frac{mb}{t-c}) dt}{t-t_0 - \varphi a^m \exp(-\frac{mb}{t-c})}}{\int_{t_{\text{к}}}^{t_{\text{п}}} \frac{a^m \exp(-\frac{mb}{t-c}) dt}{t-t_0 - \varphi a^m \exp(-\frac{mb}{t-c})}} \quad (6)$$

де t, t_0 - температура рідини і ґрунту відповідно; $t_{\text{п}}, t_{\text{к}}$ - початкова і кінцева температура рідини; φ - коефіцієнт для врахування тепла тертя потоку; m - коефіцієнт режиму у формулі Лейбензона; a, b, c - коефіцієнти в'язкісно-температурної моделі.

Розроблена методика проектного розрахунку оптимального варіанта неізотермічного трубопроводу, яка дозволяє проводити теплогідравлічний розрахунок трубопроводу з проміжними тепловими і перекачувальними станціями. До переваг даної методики можна віднести наступне: врахування профілю траси трубопроводу; врахування як ньютонівських, так і неньютонівських властивостей рідин; врахування специфічних ефектів (тепла тертя потоку, теплоти кристалізації парафіну). В основу даної методики і алгоритму розрахунку покладена система диференціальних рівнянь, що описує усталений рух в'язкої рідини в трубопроводі з врахуванням теплообміну з навколишнім середовищем і замикається напівемпіричними моделями та залежностями.

Запропонована також методика теплогідравлічного розрахунку трубопроводу при послідовному перекачуванні кількох сортів високов'язких рідин, що помітно відрізняються фізико-хімічними властивостями, наприклад, високов'язкої та малов'язкої нафти і закачу-

ються партіями невеликої довжини. Результати розрахунку за даною методикою можуть бути використані для прогнозування режимів роботи перекачувальних і теплових станцій, для визначення максимальних розмірів партій високов'язких продуктів.

За замовленням інституту ВНПІТРАНСГАЗ нами були розроблені попередні проектні рішення для магістрального трубопроводу, по якому планувалося перекачування нафт різних сортів, в тому числі високов'язких і високозастигаючих лівійських нафт з підігрівом. Для проведення теплогідралічних розрахунків були використані описані вище методики і пакет програм. Аналіз результатів багатоваріантних розрахунків дозволив нам запропонувати оптимальні параметри неізотермічного трубопроводу та оптимальні теплогідралічні режими їх експлуатації. Одержані рекомендації впроваджені в проектну документацію.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень розв'язано важливу народно-господарську проблему вдосконалення технологічного проектування і підвищення ефективності експлуатації транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем довільної конфігурації. Розроблена цілісна концепція ефективного функціонування і подальшого розвитку трубопровідного транспорту нафтопродуктів в Україні в умовах переходу до ринкових відносин.

2. Результати комплексних гідравлічних розрахунків свідчать, що трубопровідний транспорт нафтопродуктів України при існуючому стані не зможе забезпечити ефективне транспортування і розподіл перспективних потоків нафтопродуктів. Продуктивність нових трубопроводів повинна складати від Лисичанського НПЗ 2,6 млн.т/рік; від Кременчуцького НПЗ 1,8 млн.т/рік; від заводів півдня України

4,5 млн.т/рік. Дослідження показали, що пропускна здатність розгалужених нафтопродуктопроводів суттєво залежить від технології перекачування нафтопродуктів. Підключення одного відводу збільшує пропускну здатність системи в середньому, на 10%, двох - на 15%.

3. Показано, що оптимізація параметрів транспортно-розподільних систем є обов'язковим етапом їх проектування. Розроблені наукові основи такої оптимізації. Запропоновані математико-економічна модель, оптимізаційний алгоритм і пакет програм, що дозволяють комп'ютеризувати процес оптимізації транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем в одно- і двонитковому виконаннях з врахуванням дії факторів ринкових відносин.

4. Шляхом математичного моделювання на ЕОМ досліджений вплив розподільної функції на оптимальні параметри і економічні показники нафтопродуктопроводів. Аналіз виявив такі закономірності:

при частці шляхових відборів меншій за 40% оптимальними є одноступінчасті нафтопродуктопроводи;

при частці шляхових відборів більшій за 60% оптимальною є двониткова нафтопродуктопровідна система;

кожен відсоток зростання частки шляхових відборів погіршує техніко-економічні показники в середньому на 1,2-1,4% для одноступінчастих систем і на 0,4-0,6% для двониткових систем.

Методичне і програмне забезпечення апробовано при оптимізації параметрів 18 нафтопродуктопроводів, які доцільно побудувати для покращення нафтопродуктопостачання України. На базі оптимізаційних розрахунків запропонована генеральна схема розвитку нафтопродуктопроводів України на перспективу до 2010 року.

5. Аналіз і узагальнення результатів теоретичних і експериментальних досліджень закономірностей сумішоутворення нафтопродуктів при їх послідовному перекачуванні по трубопроводах довільної

конфігурації дозволили запропонувати найбільш адекватні математичні моделі для врахування на процес сумішоутворення всіх впливових факторів. Правомірність використання запропонованих математичних моделей підтверджується результатами лабораторних досліджень і промислових перекачувань.

6. Використання моделі турбулентної дифузії Тейлора, поняття еквівалентного ефективного коефіцієнта змішування та принципу суперпозиції дозволило розробити комплекс методик для розрахунку та оптимізації параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів прямим контактуванням і з рідинними роздільниками в розгалужених нафтопродуктопроводах. Показано, що оптимальний варіант розкладання дво- і багатокomпонентної суміші залежить від конфігурації трубопроводу, запасу якості нафтопродуктів. Доказана висока ефективність використання рідинних роздільників для поліпшення якості суміші та полегшення її реалізації. Найкращий ефект дає використання двох рідинних роздільників, при цьому об'єм нафтопродуктів, необхідний для виправлення суміші, зменшується приблизно в 3 рази, порівняно з прямим контактуванням транспортovаних рідин. Для трубопроводів з кількома експлуатаційними ділянками найбільш доцільне використання роздільників із раніше утвореної суміші, що дозволяє на 38-40 % зменшити об'єм нафтопродуктів, переведених в нетоварний продукт.

7. Врахування фізичної обмеженості зони суміші і зміни в'язкості послідовно транспортovаних рідин методом скінченних елементів дозволяє уточнити миттєву концентрацію компонентів на 1-15% в центральній і на 18-80% в периферійній частині суміші.

8. Розроблені наукові основи і програмне забезпечення багатоваріантних гідравлічних розрахунків транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем як засобу для одержання техноло-

гічних карт режимів їх експлуатації. Показано, що наявність відповідних технологічних карт режимів є необхідною базою для виконання оптимізаційних розрахунків як при проектуванні, так і при експлуатації розгалужених нафтопродуктопроводів.

9. Обов'язковою умовою ефективної експлуатації транспортно-розподільних нафтопродуктопровідних систем є оптимізація режимів їх роботи, яка дозволяє зекономити до 20% затрат електроенергії на транспортування при забезпеченні планових обсягів поставок заданого асортименту нафтопродуктів всім споживачам.

10. Запропоновані методики і пакет програм для виконання проектних теплогідравлічних розрахунків нафтопродуктопроводів при перекачуванні як однієї, так і кількох високов'язких рідин з підігрівом. Врахування специфічних для неізотермічного режиму перекачування факторів (тепла тертя потоку, теплоти кристалізації парафіну, властивостей теплоізоляційного покриття, реологічних властивостей рідин) дозволяє достовірно прогнозувати теплові характеристики трубопроводу з точністю до 1°C , гідравлічні - з точністю до 0,1 МПа. В тих випадках, коли нафтопродуктопровід проходить паралельно до магістрального газопроводу, підігрів рідин доцільно здійснювати вторинним теплом компресорних станцій, що дозволить одержати економічний ефект 250-500 тис.крб/рік (в цінах 1984 року) тільки на одній насосно-тепловій станції.

11. Науково обгрунтовані рекомендації по оптимальних режимах експлуатації, по реалізації технології послідовного перекачування нафтопродуктів, по зменшенню затрат електроенергії на транспортування, по нормуванню енергоємності перекачування, по збереженню якості послідовно транспортованих нафтопродуктів, по вибору оптимальних теплогідравлічних параметрів неізотермічних трубопроводів впроваджені на основних нафтопродуктопровідних

системах України, включені в проектні розробки проектних інститутів галузі. Сумарний економічний ефект в цінах 1984 року склав 909 тис.крб.

Основний зміст роботи викладено в наступних друксованих працях:

1. Середюк М.Д., Якимів Й.В., Лур'є М.В. Оптимізація параметрів роботи розгалужених нафтопродуктопроводів.-К.:НМК ВО, 1992.-132 с.

2. Фролов К.Д., Федорак М.Д. Объем смеси при неизотермической перекачке подогретых вязких жидкостей //Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов.-1971.-№ 3.-С. 11-14.

3. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Последовательная перекачка нефтей и нефтепродуктов разных сортов при неизотермическом режиме //Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов.-1972.-№ 9.-С. 8-10.

4. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Расчет объема смеси при неизотермическом режиме последовательной перекачки с учетом тепла трения потока // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед.сб.-Львов: Вища школа, 1973.-Вып.10.-С.119-124.

5. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Оптимальная температура подогрева и число насосно-тепловых станций при неизотермическом режиме перекачки разносортных нефтей и нефтепродуктов //Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов.-1973.-№ 10.-С. 60-62.

6. Фролов К.Д., Возняк М.П., Середюк М.Д. Определение числа насосно-тепловых станций и оптимальной температуры подогрева высоковязких нефтей // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. -1973.-№ 8.-С. 3-6.

7. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Пути уменьшения технологической смеси и связанной с ней пересортицы нефтепродуктов при пос-

ледовательной перекачке // Нефт. и газ. пром-сть.-1973.-№ 3.
-С. 43-45.

8. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Прием смеси в резервуары при последовательной перекачке разнородных нефтей и нефтепродуктов //Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов.-1973.-№ 7.-С.12-15.

9. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Последовательная перекачка разнородных нефтепродуктов с пробками из буферных жидкостей //Нефт. и газ. пром-сть.-1974.-№ 4.-С. 41-43.

10. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Последовательная перекачка нефтепродуктов с разделительными пробками из их смеси //Нефт. хоз-во.-1974.-№ 9.-С. 49-52.

11. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Некоторые вопросы, связанные с уменьшением пересортицы нефтей и нефтепродуктов, перекачиваемых последовательно по одному трубопроводу //Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб. - Львов.: Вища школа, 1974.- Вып. II, -С. 136-140.

12. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Последовательная перекачка многих сортов нефтей и нефтепродуктов при неизотермическом режиме // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб. - Львов.: Вища школа, 1974.-Вып. II.-С. 129-133.

13. Фролов К.Д., Середюк М.Д. Прием смеси в резервуары при последовательной перекачке с буферным нефтепродуктом // Нефт. хоз-во.-1974.-№ 12.-С. 59-62.

14. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. Экспериментальные исследования последовательной перекачки разнородных продуктов с жидкостными разделительными пробками // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. -1975.-№ 7.-С. 5-9.

15. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. и др. Использование смеси в качестве буферной пробки при последовательной пе-

рекачке нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 1976. - № 2. - С. 8-11.

16. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. Минимальные объемы партий и число циклов при последовательной перекачке разносортных нефтепродуктов с пробками из буферного продукта // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Республ. межвед. сб. - Львов.: Вища школа, 1976. - Вып. 13. - С. 116-120.

17. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. Определение оптимального объема разделительной пробки из смеси последовательно перекачиваемых нефтепродуктов // Нефт. и газ. пром-сть. - 1976. - № 6. - С. 41-44.

18. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. Оптимальный объем буферной пробки из смеси // Проектирование, строительство и эксплуатация магистральных газонефтепроводов. - Уфа, 1977. - Вып. I. - С. 56-61.

19. Возняк М.П., Фролов К.Д., Середюк М.Д. Изменение температуры высокопарафиновых нефтей вдоль трубопровода // Проектирование, строительство и эксплуатация магистральных газонефтепроводов. - Уфа, 1977. - Вып. I. - С. 56-61.

20. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. Оптимальные параметры магистральных нефтепроводов в случае использования тепла компрессорных станций близлежащих газопроводов для подогрева нефти // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 1979. - № 3. - С. 17-20.

21. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. и др. Оптимальные параметры параллельных газо- и нефтепроводов в случае использования тепла газотурбинных установок компрессорных станций для подогрева нефти // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 1979. - № 8. - С. 12-14.

22. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. и др. Исследование эффективности использования тепла компрессорных станций близлежащих газопроводов для подогрева нефти в магистральных нефтепроводах // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. -1980. -№ 6.-С. 2-5.

23. Якимив И.В., Фролов К.Д., Середюк М.Д. Применение жидкостных буферных пробок при последовательной перекачке нефтепродуктов с малыми запасами качества // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб. - Львов.: Вища школа, -1980. - Вып. 17.-С. 87-91.

24. Середюк М.Д., Фролов К.Д., Якимив И.В. Оптимальные параметры последовательной перекачки нефтепродуктов с жидкостными буферными пробками // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 1981.-№ 8.-С. 4-6.

25. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. и др. Минимальные объемы партий и цикличность при неизотермическом режиме последовательной перекачки нефтепродуктов с жидкостными буферными пробками // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб. - Львов: Вища школа, 1981. - Вып. 18.-С. 92-95.

26. Середюк М.Д., Лисафин В.П., Матвиенко Т.И. К вопросу оптимизации параметров магистрального нефтепровода с учетом сезонного изменения вязкости нефти //Транспорт нефти и нефтепродуктов. - 1982.-№ 12.-С. 11-12.

27. Середюк М.Д., Фролов К.Д., Якимив И.В. Оптимизация последовательной перекачки нефтепродуктов с пробками из смеси // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов.-1982.-№ 5.-С. 20-21.

28. Середюк М.Д., Хизгилов И.Х., Якимив И.В., Лисафин В.П. Технологическая норма расхода электроэнергии на нефтепродуктопроводах // Нефт. и газ. пром-сть. -1983.-№ 1. -С. 45-46.

29. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В., и др. Исследование эффективности применения несимметричной пробки из смеси при последовательной перекачке нефтепродуктов // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб. - Львов: Вища школа, 1984.- Вып. 21.-С. 92-95.

30. Якимив М.Н., Середюк М.Д., Якимив И.В. Оптимизация последовательной перекачки с комбинированным разделителем // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья.- 1984.-№ 6. - С. 5-7.

31. Фролов К.Д., Середюк М.Д., Якимив И.В. Шаталова И.И. Раскладка смеси при последовательной перекачке нефтепродуктов по сложной системе трубопроводов// Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 1986. -№ 5.-С. 8-10.

32. Лисафин В.П., Середюк М.Д., Василик Р.В. Влияние профиля трассы на гидравлическое сопротивление трубопровода при неустановившемся режиме // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 1986. -№ 3.-С. 6-9.

33. Середюк М.Д., Якимив И.В., Окул А.А., и др. Совершенствование методов гидравлического расчета разветвленных трубопроводных систем // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб. -Львов: Вища школа, 1987.-Вып.24.-С.92-94.

34. Середюк М.Д., Якимив И.В., Какалец И.О. Эффективность применения жидкостных разделителей для разветвленной системы нефтепродуктопроводов // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб.-Львов: Вища школа, 1988.-Вып.25.-С.89-92.

35. Середюк М.Д., Якимив И.В., Дзеба О.Г. и др. Влияние тепла трения потока на теплогидравлический расчет неизотермического нефтепровода // Разведка и разработка нефт. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб.- Львов: Вища школа, 1990.- Вып.27.

-С. II3-II5.

36. Середжук М.Д., Окул А.А., Евсеев Е.М. Оптимизация режимов работы разветвленных нефтепродуктопроводов // Нефть. и газ. пром-сть. - 1989. - № 2. - С. 47-48.

37. Середжук М.Д., Осередько Ю.С., Лисафин В.П. и др. Эффективность утилизации вторичного тепла компрессорных станций газопровода Средняя Азия-Центр для подогрева нефти в трубопроводе Узень-Гурьев // Разведка и разработка нефть. и газ. м-ний: Респуб. межвед. сб. - Львов: Вища школа, 1991. - Вып. 28. - С. II6-II7.

38. Середжук М.Д., Якимів І.В. Гідравлічний розрахунок нафтопродуктопроводів з багатьма відводами // Розвідка і розробка наф. і газ. родовищ: Респ. міжвід. наук.-техн. зб. - Івано-Франківськ, 1992. - Вып. 29. - С. 6-9.

39. Фролов К.Д., Возняк М.П., Середжук М.Д. и др. Исследование режимов работы "горячих" нефтепроводов Прикарпатья // Реферативная информация о законченных НИР в вузах УССР. - Киев, 1974. - Вып. 8. - С. 90-91.

40. Хизгилов И.Х., Фролов К.Д., Середжук М.Д. Повышение эффективности работы магистральных продуктопроводов Прикарпатского теруправления при последовательном наращивании мощности // Реферативная информация о законченных НИР в вузах УССР. - Киев, 1976. - Вып. 10.

41. Фролов К.Д., Середжук М.Д. Оптимальная температура подогрева нефтепродуктов и нефтей при неизотермическом режиме последовательной перекачки / ИФИНГ. - Ивано-Франковск, 1973. - 12 с. - ил. - Библиогр.: 5 назв. - Деп. во ВНИИОЭНГ, № 58.

42. Середжук М.Д., Якимів І.В., Тугай Н.Я. Раскладка смеси в разветвленной системе нефтепродуктопроводов при оптимальном числе жидкостных разделителей / ИФИНГ. - Ивано-Франковск, 1988. -

Із с. - ил.- Библиограф.: 5 назв.- Деп. в УкрНИНТИ 25.09.87., № 2719- Ук87.

43. Исследование цикличности последовательной перекачки нефтепродуктов в разветвленной системе нефтепродуктопроводов / Середюк М.Д., Якимив И.В., Мегиц М.Н. и др./ ИФИНГ.- Ивано-Франковск, 1988.-16 с.- ил.-Библиограф.: 2 назв.- Деп. в УкрНИНТИ 25.01.88, № 107 -Ук88.

44. Середюк М.Д., Якимив И.В. Экспериментальные исследования последовательной перекачки жидкостей различной вязкости / ИФИНГ.- Ивано-Франковск, 1988.-24 с.- ил.-Библиограф.: 5 назв.- Деп. в УкрНИНТИ 05.01.88, №108 - Ук88.

45. Якимив И.В., Середюк М.Д., Стецюк Л.М. Совершенствование методики расчета объема смеси с использованием формулы Фоулера и Броуна / ИФИНГ.-Ивано-Франковск, 1989.-8 с.- ил.-Библиограф.: 1 назв.- Деп. в УкрНИНТИ 07.03.89, №737- Ук89.

46. Середюк М.Д. Розрахунок сумішоутворення нафтопродуктів в трубопроводі з врахуванням несиметричності методом скінченних елементів /ІФИНГ.-Івано-Франківськ,1993.-ІІ с.-ил.- Бібліограф.:2 назв.- Деп. в ДНТБ України 08.07.93, №1429-Ук93.

47. Середюк М.Д. Розрахунок сумішоутворення нафтопродуктів в трубопроводі з врахуванням різниці їх в'язкостей методом скінченних елементів./ІФИНГ.-Івано-Франківськ,1993.-ІІ с.-ил.- Бібліограф.:2 назв.- Деп. в ДНТБ України 13.07.93, №1477-Ук93.

48. Середюк М.Д. Розрахунок параметрів послідовного перекачування нафтопродуктів з рідинними роздільниками методом скінченних елементів /ІФИНГ.-Івано-Франківськ,1993.-ІО с.-ил.- Бібліограф.:3 назв.-Деп. в ДНТБ України 13.07.93, №1478 - Ук93.

49. Середюк М.Д. Методика оптимізації параметрів розгалуженого одноступового нафтопродуктопроводу / ІФДТУНГ.-Івано-Фран-

ківськ, 1994.-28 с.-іл.- Бібліограф.:6 назв .- Деп. в ДНТБ УК-
раїни 25.II.94, № 220- Ук94.

50. Середюк М.Д. Методика оптимізації параметрів розгалу-
женого двониткового нафтопродуктопроводу / ІФДТУНГ.-Івано-Фран-
ківськ, 1994.-12 с.-іл.- Бібліограф.: 5 назв .- Деп. в ДНТБ Ук-
раїни 20.03.95, № 600- Ук95.

51. Рациональное использование топливно-энергетических ре-
сурсов на нефтебазах и нефтепродуктопроводах/Середюк М.Д., Яки-
мив И.В., Хизгилов И.Х. и др. // Тез. докл. респ. научн.-техн.
конф. Основные направления повышения технического уровня транс-
порта и хранения нефти и нефтепродуктов.-Киев, 1983.-С.18-19.

52. Середюк М.Д. Наукове обґрунтування перспективної схе-
ми розвитку трубопровідного транспорту нафтопродуктів в Україні
//Тези доп. наук.-прак. конф. Стан, проблеми і перспективи роз-
витку нафтогазового комплексу Західного регіону України.-Львів,
1995.- С. 172.

М.Д. Середюк



Seredyuk M.D. Methodology Foundations of Design and Operation of Oil Products Piping Systems of Ukraine.

The thesis for a Doctor's degree (engineer-ing) competition in 05.15.13.-Oil and gas pipeline, base and storage construction, maintenance and operation. Ivano-Frankivsk State Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 1996.

Scientific papers fifty-two in number including one text-book that contain the results of the analyses of various products transportation processes by the pipelines of different configuration are being defended. On the grounds of the results mentioned above some scientific bases of effective functioning and further development of Ukrainian oil products pipelines have been developed. New technology and optimization calculation methods that allow to improve the quality of new pipelines laying out, to increase the existing systems operation efficiency, to reduce the pipeline transport power input have been developed as well.

Середюк М.Д. Методологічні основи проектування і експлуатації нафтопродуктопроводних систем України

Дисертація на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.13 - строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ, Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 1996.

Защищаются 52 научные работы (в том числе учебное пособие), которые содержат результаты исследований процессов транспортирования разносортных нефтепродуктов по трубопроводам произвольной конфигурации. Разработаны научные основы эффективного функционирования и дальнейшего развития нефтепродуктопроводов Украины; созданы новые методы технологических и оптимизационных расчетов, которые позволяют улучшить качество проектирования новых трубопроводов, повысить эффективность эксплуатации существующих систем, уменьшить энергоёмкость трубопроводного транспорта нефтепродуктов.

Ключові слова:

Оптимізація, гідравлічний розрахунок, розгалужений нафтопродуктопровід, послідовне перекачування, турбулентна дифузія.

Підписано до друку 7.02.96 р., ф.60x84¹/16,
зам. 32, др. арк. 2.0, тираж 100
Івано-Франківський державний технічний
університет нафти і газу, Карпатська, 15
ДОП, Відруковано на РІЗОГРАФІ

443564

AB 34.122

AB 34.122