

Технічні науки

УДК 622.692.4

**Якимів Йосип Васильович**

*кандидат технічних наук, доцент,*

*доцент кафедри транспорту і зберігання нафти і газу*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Якимив Иосиф Васильевич**

*кандидат технических наук, доцент,*

*доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа*

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Yakymiv Yosyp**

*PhD, Associate Professor,*

*Associate Professor of Department of Transportation and Storing of Oil and Gas*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**Бортняк Олена Михайлівна**

*кандидат технічних наук,*

*доцент кафедри транспорту і зберігання нафти і газу*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Бортняк Елена Михайловна**

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа*

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Bortnyak Olena**

*PhD, Associate Professor of Department of*

*Transportation and Storing of Oil and Gas*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОСЛІДОВНОГО  
ПЕРЕКАЧУВАННЯ НАФТ УКРАЇНСЬКИХ РОДОВИЩ  
МАГІСТРАЛЬНИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ  
ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕЙ УКРАИНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ  
STUDY OF THE EFFICIENCY OF PIPELINE TRANSPORTATION OF  
DIFFERENT SORTS OF UKRAINIAN OILS BY BATCHING METHOD**

*Анотація.* Досліджено вплив різниці фізичних властивостей нафти різних сортів на сумішоутворення при їх послідовному перекачуванні магістральними трубопроводами. Проаналізована залежність об'єму суміші від граничних концентрацій, якими обмежується зона суміші. Розроблено алгоритм і програмне забезпечення визначення об'єму суміші.

**Ключові слова:** об'єм суміші, граничні концентрації, в'язкість нафти, сумішоутворення, магістральний трубопровід.

*Аннотация.* Исследовано влияние отличия физических свойств нефти различных сортов на смесеобразование при их последовательной перекачке по магистральным трубопроводам. Проанализирована зависимость объема смеси от граничных концентраций, ограничивающих зону смеси. Разработан алгоритм и программное обеспечение определения объема смеси.

**Ключевые слова:** объем смеси, граничные концентрации, вязкость нефти, смесеобразование, магистральный трубопровод.

*Summary.* The influence of the difference of physical properties of various oil sorts on the mixture formation when batching them in main pipelines was studied. The dependence of the mixture volume in the range of the boundary

*concentrations, those limit the zone of the mixture, was analyzed. The algorithm and software for determining the volume of the mixture were developed.*

**Key words:** *mixture volume, boundary concentrations, viscosity of contacting fluids, mixture formation, main pipeline.*

Нафти, що видобуваються навіть на одному родовищі із різних продуктивних горизонтів, або піднімаються на поверхню землі на різних родовищах в одному регіоні перед транспортуванням магістральними трубопроводами часто концентруються на головній нафтоперекачувальній станції (НПС) трубопроводу. Ці нафти можуть суттєво відрізнятися за своїми фізико-хімічними властивостями. Одні нафти придатні для одержання в результаті переробки високоякісних світлих нафтопродуктів, інші – придатні для цінних олив. Такі нафти перед транспортуванням змішувати не бажано. Ефективним способом доставки цих нафт до нафтопереробних заводів є їх послідовне перекачування магістральними трубопроводами.

Основним недоліком способу послідовного перекачування є змішування рідин в зоні їх контакту. Утворення суміші відбувається за рахунок явищ конвективної та турбулентної дифузії. Суттєвіше на утворення суміші впливає турбулентна дифузія [1, с. 310-322, 2, с. 144-154].

Змішування рідин за їх послідовного перекачування при турбулентному режимі відбувається згідно із законом Фіка

$$V = -D_e \frac{dK}{dx}, \quad (1)$$

де  $V$  - швидкість дифузії;

$D_e$  - ефективний коефіцієнт змішування рідин;

$\frac{dK}{dx}$  - градієнт концентрації.

Об'єм суміші - це об'єм нетоварного продукту в трубопроводі, що обмежується певними граничними концентраціями.

Об'єм суміші залежить від геометричної характеристики трубопроводу, витрати, з якою рухається середина зони суміші, в'язкості рідин, що перебувають в контакті під час перекачування та граничних концентрацій, за яких виділяється суміш.

Згідно з дифузійною теорією змішування об'єм суміші розраховується за формулою [1, 2, 3]

$$V_{см} = \frac{V_{mp}}{Pe^{0,5}} 2(z_1 - z_2), \quad (2)$$

де  $V_{mp}$  - об'єм порожнини трубопроводу;

$z_1, z_2$  - аргументи інтеграла імовірності, що залежать від граничних концентрацій, за яких виділяється суміш;

$Pe$  - дифузійний параметр Пекле.

Метод послідовного перекачування має більше практичне застосування для транспортування різносортних нафтопродуктів. Однак, одержані залежності для визначення об'єму суміші поширюються і на послідовне перекачування різносортних нафт. Особливістю послідовного перекачування різносортних нафт є те, що їх рух відбувається переважно в зоні гідравлічно гладких труб, де для визначення коефіцієнта гідравлічного опору застосовується формула Блазіуса, а ефективний коефіцієнт змішування рідин може визначатись за формулою Асатуряна [1, 2].

Розроблено алгоритм і програмне забезпечення для визначення об'єму суміші залежно від граничних концентрацій, якими обмежується зона суміші.

Об'єктом апробації розробленої методики був вибраний нафтопровід Глинсько-Розбишівська – Кременчук, довжиною 148,3 км і внутрішнім діаметром 512 мм, яким перекачуються різносортні нафти, що видобуваються на родовищах східного регіону України. На головній НПС «Глинсько-Розбишівська» концентруються нафти Гнідинцівського (охтирська нафта), Леляківського (полтавська нафта) та Прилуцького (чернігівська нафта) родовищ. Ці нафти відрізняються за своїми властивостями. За найнижчої температури ґрунту на глибині укладання трубопроводу для охтирської нафти густина становить  $875,6 \text{ кг/м}^3$ , кінематична в'язкість -  $34,7 \text{ сСт}$ , для полтавської нафти густина -  $824,0 \text{ кг/м}^3$ , кінематична в'язкість -  $40,1 \text{ сСт}$ , для чернігівської нафти густина -  $842,7 \text{ кг/м}^3$ , кінематична в'язкість -  $10,2 \text{ сСт}$ .

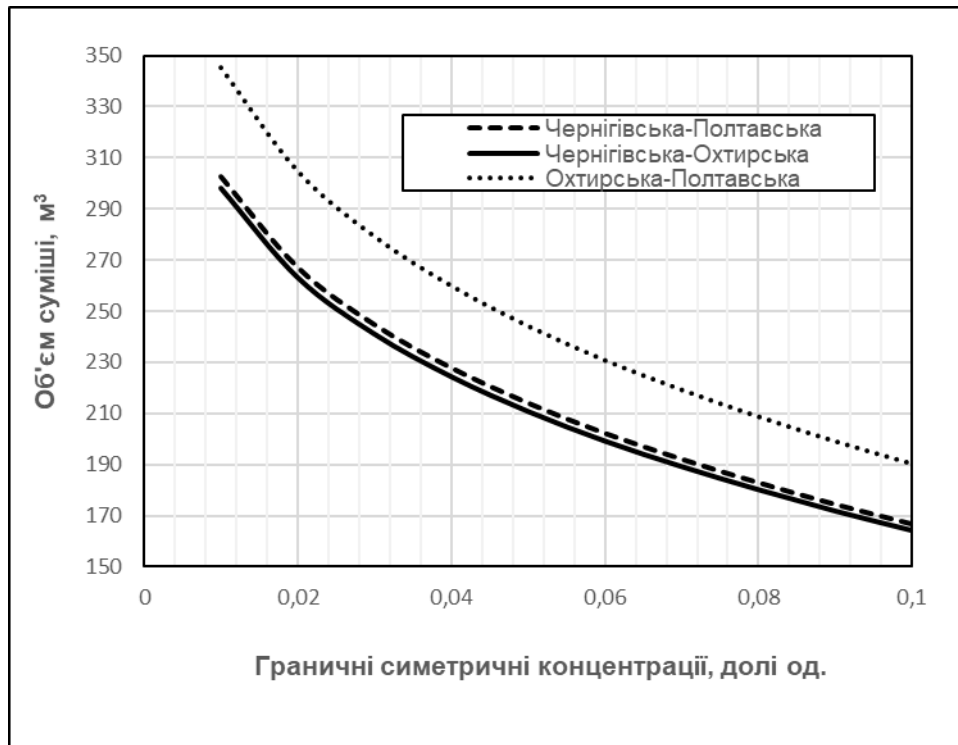
Для перекачування нафти на нафтоперекачувальній станції встановлені відцентрові насоси 6LPN24, укомплектовані робочими колесами зовнішнім діаметром 610, 577 та 460 мм. Розрахунки виконані для робочого колеса зовнішнім діаметром 610 мм, математична модель напірної характеристики насоса при цьому колесі  $h = 142 - 1154Q^2$ , ( $[Q] = \text{м}^3/\text{с}$ ). Допустимий тиск, з яким може здійснюватися перекачування нафти трубопроводом  $5,0 \text{ МПа}$ .

Розрахунки показали, що пропускна здатність нафтопроводу Глинсько-Розбишівська - Кременчук за зазначених умов у разі перекачування охтирської нафти складає  $445,2 \text{ м}^3/\text{год}$ , полтавської нафти -  $445,2 \text{ м}^3/\text{год}$ , чернігівської нафти -  $517,7 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Дослідження з визначення об'єму суміші проведені при діаметрі робочого колеса 610 мм для діапазону симетричних граничних концентрацій від  $K_{b_1} - K_{b_2} = 1 - 99 \%$  до  $K_{b_1} - K_{b_2} = 10 - 90 \%$ . Розрахунки виконані для контактів охтирської – полтавської, чернігівської

– охтирської та чернігівської – полтавської нафт. Графічна інтерпретація результатів досліджень наведена на рисунку 1.

Із рисунка видно, що звуження граничних концентрацій призводить до зменшення об'єму суміші. Криві контактів чернігівської – охтирської та чернігівської – полтавської нафт майже збігаються, що пояснюється приблизно однаковою їх в'язкістю.



**Рис. 1. Залежність величини об'єму суміші, утвореної в зоні контакту різносортих нафт, від граничних концентрацій її виділення**

У разі контакту нафт, що характеризуються більшими в'язкостями і меншими швидкостями руху середини зони суміші, об'єм суміші за однакових граничних концентрацій збільшується.

### Література

1. Середюк М.Д. Трубопровідний транспорт нафти і нафтопродуктів: [підруч. для студ. вищ. навч. зал.] / М.Д. Середюк, Й.В. Якимів, В.П. Лісафін. – Івано-Франківськ: Кременчук, 2001. – 517 с.

2. Якимів Й.В. Типові технологічні розрахунки трубопровідного транспорту нафти і нафтопродуктів: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / Й.В. Якимів. – Івано-Франківськ: Факел, 2006. – 366 с.
3. Якимів Й.В. Вплив різниці в'язкості різносортих нафт на їх сумішоутворення під час послідовного перекачування магістральними трубопроводами / Й. В. Якимів // Прикарпатський вісник НТШ. Число. – 2013. - № 1(21). - С. 213-224.