

## 5. Выводы

Проведенные исследования, позволили, обоснованно, из всех рассмотренных методов повышения качества поверхностных слоев деталей выделить, как наиболее перспективный, метод вибрационного упрочнения, который обладает практически всеми достоинствами перечисленных выше методов, а во многих случаях превосходит их.

**Список литературы:** 1.Постанова Кабінету Міністрів України від 30 травня 2007 р. № 785 "Про затвердження Державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2011 року". 2. *Гуляев А.П.* Металловедение / А.П. Гуляев. –М.: Металлургия, 1977. – 646 с. 3.*Полевой С.Н.* Упрочнение металлов/ С.Н. Полевой, В.Д. Евдокимов. –М.: Машинностроение, 1986. – 319 с. 4.*Верхутов А.Д.* Технология электроискрового легирования металлических покрытий/ А.Д. Верхутов, И.М. Муха. –К.: Техника, 1982. – 181 с. 5.*Коваленко А.Д.* Упрочнение деталей пучком лазера/ А.Д. Коваленко, Л.Ф. Головкин, Г.В. Меркулов, А.И. Стрижак. К.: Техника, 1981. – 131 с. 6.*Дудніков І.А.* Розрахунок напруженого стану відновлюваних циліндричних деталей / І.А. Дудніков, О.І. Біловод // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця. - 2005. – №1.-35-37.

*Поступила в редколлегию 27.08.2011*

**УДК 66.087.2 : 544. 567**

**І.А.КРАВЕЦЬ**, докт.техн.наук, проф., голов. наук. співр., Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ

**А.П. АНДРІЄВСЬКИЙ**, канд. військ. наук, ст. наук. співр. науково-дослідного відділу, підполковник, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

**М.О. МИКОЛЕНКО**, нач. управління, полковник, управління Північного територіального командування внутрішніх військ Міністерства внутрішніх справ України, Київ

**І.П. МУСІЄНКО**, інспектор Головної технічної інспекції Міністерства оборони України, підполковник, Головна технічна інспекція Міністерства оборони України, Київ

## **СПОСІБ ЗБІЛЬШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ АГРЕГАТІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

В статті обґрунтовано рекомендації щодо застосування електромагнітної й електрохімічної технології з метою збільшення терміну використання експлуатаційних матеріалів, покращення технічного стану та збільшення експлуатаційного ресурсу пар тертя агрегатів транспортних засобів військових формувань України.

Ключові слова: технічний стан, пара тертя, експлуатаційні матеріали

В статье обосновано рекомендации по применению электромагнитной и электрохимической технологии с целью увеличения срока использования эксплуатационных материалов, улучшения технического состояния и увеличения эксплуатационного ресурса пар трения агрегатов транспортных войсковых формирований Украины.

Ключевые слова: техническое состояние, пара трения, эксплуатационные материалы

In the article it is proved recommendations about application of electromagnetic and electrochemical technology for the purpose of increase the term of use of the operational materials, the improvements of a technical condition and increase in an operational resource of the pairs of friction of the transport units of the army formations of Ukraine.

Key words: technical condition, pairs of friction, operational materials

### **Постановка проблеми в загальному вигляді.**

Військові формування України під час своєї службової діяльності застосовують транспортні засоби, двигуни внутрішнього згорання та інші агрегати з парами тертя яких працюють у важких умовах. Продовжують експлуатуватися транспортні засоби, агрегати яких відпрацювали більшу частину закладеного в них ресурсу, мають знос, який спричиняє погіршення характеристик експлуатаційних матеріалів і вимагає додаткового їх витрачання під час їх експлуатації.

Однак, вимогами [1; 2] встановлено періодичність та норму додаткових витрат експлуатаційних матеріалів для техніки військових формувань України.

Виникає певне неузгодження між необхідною частотністю доливання експлуатаційних матеріалів в агрегати транспортних засобів до технічних норм та вимогами керівних документів, які значно обмежують потреби діючих транспортних підрозділів.

Недотримання технічних норм експлуатації двигунів внутрішнього згорання та інших агрегатів з парами тертя може спричинити їх відмови.

Тому пошук нових технічних рішень, спрямованих на покращення технічного стану та збільшення експлуатаційного ресурсу двигунів внутрішнього згорання та інших агрегатів з парами тертя, що встановлені на військових транспортних засобах без припинення їх експлуатації, та обґрунтування необхідності їх застосування є економічно важливим й актуальним науковим завданням.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій. Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.**

Матеріали широкого кола публікацій містять рекомендації щодо відновлення ресурсу агрегатів транспортних засобів за рахунок проведення планових їх ремонтів [2-4], що спричиняє короткочасне припинення застосування транспортних засобів.

Значна кількість наукових праць присвячена обґрунтуванню ефективності застосування різних технологій, призначених для відновлення поверхонь тертя за рахунок нанесення металокерамічного шару [5-7].

У той же час у цих працях поза увагою залишилися результати досліджень питань щодо покращення технічного стану та збільшення експлуатаційного ресурсу поверхонь тертя агрегатів транспортних засобів за рахунок застосування електромагнітних й електрохімічних технологій.

### **Формулювання мети статті (постановка завдання).**

Тому, метою статті є рекомендації щодо покращення технічного стану та збільшення експлуатаційного ресурсу агрегатів транспортних засобів за рахунок застосування на них додаткового електромагнітного й електрохімічного обладнання.

## Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Як відомо, транспортні засоби військових формувань застосовуються для виконання спеціальних завдань, в тому числі, у несприятливих (агресивних) погодних умовах. Це спричиняє інтенсивне зношування поверхонь тертя, погіршення якості експлуатаційних масел та скорочення експлуатаційного ресурса агрегатів.

Проведення планових ремонтів зношених агрегатів транспортних засобів вимагають витрачання часу, коштів, сил та засобів. Проведення ремонтно-відновлювальних заходів вимагатимуть корегування плану застосування транспортних засобів, що не завжди прийнятно у разі масового їх застосування [8-11].

З метою продовження експлуатаційного ресурсу агрегатів транспортних засобів застосовуються різні експлуатаційні матеріали та способи. Наприклад, застосування «хадотехнологій» для нанесення металокерамічного шару на поверхні тертя під час застосування транспортних засобів збільшує їх ресурс, покращує експлуатаційні показники агрегатів транспортних засобів. Однак, після застосування спеціальних хадоревіталізаторів та масел з розчиненими в них присадками механічне оброблення нарощених під час експлуатації металокерамічних поверхонь погіршується. Під час проведення ремонтів виникає необхідність застосування спеціального металооброблювального обладнання.

Протягом експлуатаційного терміну будь-які мастильні матеріали втрачають свої властивості.

З метою покращення властивостей масла та застосування його для відновлення поверхонь тертя у матеріалах статті пропонується спосіб електромагнітного очищення та електрохімічної регенерації моторного масла за рахунок застосування електромагнітного та електрохімічного обладнання [12; 13].

Складові елементи електрообладнання та конструкція агрегатів транспортних засобів (двигунів внутрішнього згорання, коробок передач, редукторів тощо) [14],

систем змащування двигунів внутрішнього згорання, дозволяють встановити на них додаткове електромагнітне й електрохімічне обладнання і, тим самим, створити спеціальні технічні умови безпосередньо на транспортному засобі для електромагнітного очищення й електрохімічної регенерації масла, стабілізації та фінішного відновлення геометричних поверхонь пар тертя безпосередньо під час роботи транспортного засобу.

Для реалізації способу [15] (рис. 1) у магістраль подавання моторного масла 7 до масляного фільтра 8 встановлюється електромагнітний фільтр – електрохімічний регенератор 1 [16].

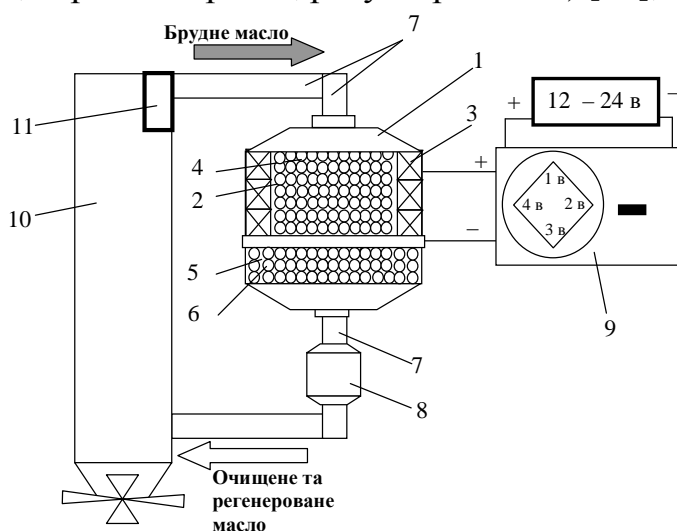


Рис. 1. Схема електромагнітного очищення й електрохімічної регенерації масла

. Виготовлений та встановлений на транспортний засіб електричний блок перетворення електричного струму 9 забезпечує перетворення та подавання в електромагнітний фільтр – електрохімічний регенератор 1 електричного струму напругою до 4 В.

Після запуску двигуна 10 транспортного засобу, моторне масло подається до електромагнітного фільтра – електрохімічного регенератора 1 під тиском за допомогою насоса 11. В електромагнітній камері 2 з соленоїдами 3 та сталевими кульками 4 виникає електромагнітне поле, яке притягає бруд до сталевих кульок з

силою

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{4L^2} \quad (1)$$

де  $\epsilon_0$  – діелектрична проникність

$e$  – електричний заряд електрона  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

$L$  – розмір поверхні.

При цьому діє розривна сила  $F_0$  між металевим брудом та маслом, яка дорівнює

$$F_0 = |e| \cdot 3E_0 \quad (2)$$

де  $E_0$  – енергія розриву.

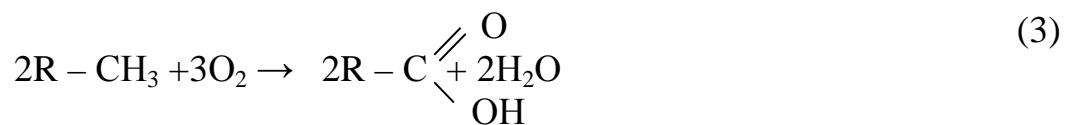
Одержимо, що  $F_0 \leq F_e$ .

Внаслідок цього до сталевих кульок 4 притягується бруд, який виникає внаслідок тертя, зношування, коливань температури тощо.

В електрохімічній камері 5 через розчинний метал 6 (анод), протікає струм і розчинений метал 5 потрапляє у масло та насичує моторне масло під час роботи двигуна транспортного засобу, що спричиняє регенерацію масла металевими присадками. Подальше очищення масла від залишків дрібного діамагнітного бруду очищують за допомогою масляного фільтра 8 під час роботи двигуна.

Такий спосіб забезпечує електромагнітне очищення від феромагнітних продуктів зношування поверхонь пар тертя та електрохімічну регенерацію моторного масла без припинення експлуатації транспортного засобу.

Однак, в процесі експлуатації двигунів відбувається окислення моторного масла, що значно погіршує експлуатаційні його властивості



Стабілізацію та відновлення геометричних розмірів поверхонь пар тертя без припинення експлуатації транспортних засобів можна забезпечити за рахунок трибоелектрохімічної регенерації поверхонь пар тертя, який проілюстровано на рис. 2.

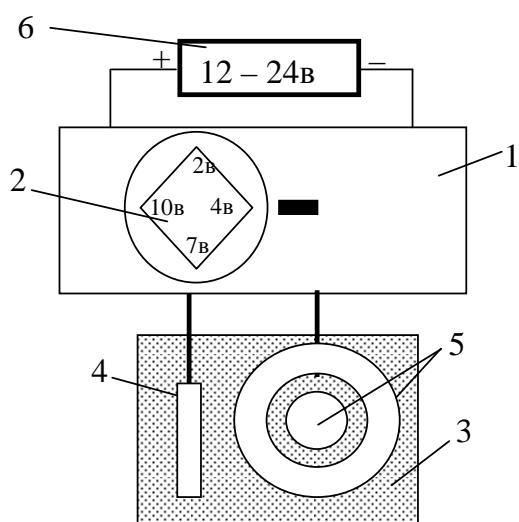


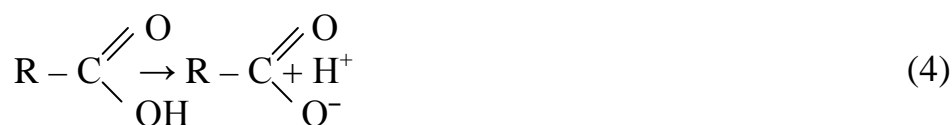
Рис. 2. Схема трибоелектрохімічної регенерації поверхонь пар тертя

Для реалізації способу [17] на транспортний засіб встановлюється блок перетворення електричного струму 1 з перемикачем 2. Поблизу поверхонь пар тертя (катода) 5 у моторному маслі 3 розміщують електрично ізольовану анодну вставку 4 із розчинного металу (цинк, мідь), тобто утворюють електричний ланцюг. Залежно від матеріалу встановленого аноду змінюють положення перемикача 2 блока перетворення електричного струму 1. У разі встановлення цинкового аноду з блока перетворення електричного струму 1 через зазначений

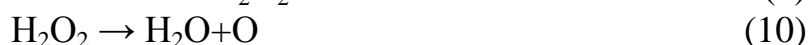
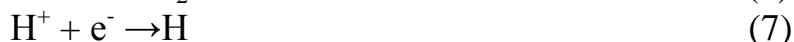
ланцюг подають електричний струм напругою до 4 В та щільністю 2-600 А/м<sup>2</sup>.

У разі встановлення мідного аноду з блока перетворення електричного струму 1 через зазначений ланцюг подають електричний струм напругою 10 В та щільністю 50-1600 А/м<sup>2</sup>.

Жирні кислоти і вода, що виникають в результаті окислення масла під дією електромагнітного поля в зоні тертя дисоціюють



На катодних поверхнях 5 та анодній вставці 4 протікають електрохімічні реакції:



На поверхні анодної вставки окислюються молекули масла атомарним або молекулярним киснем. Оскільки активна поверхня анода конструктивно менша ніж катодна поверхня тертя сполучених деталей і, тому, інтенсивність реакції окислення молекул масла киснем на поверхні аноду пропорційна інтенсивності відновлення молекул масла воднем на активних катодних поверхнях тертя.

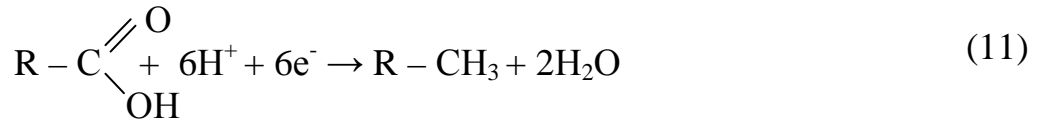
Кисень, який виникає на поверхні аноду не вступає у реакцію з маслом, а видаляється з масла (6). Молекули води, як і кисень видаляються із зони тертя або дисоціюють на іони гідроксила і водня.

Іони водня відновлюються на катодних поверхнях тертя до атомарного стану надлишковими електронами (7).

Атомарний водень Н, який не реагував, з'єднується між собою та виділяється у вигляді газу (8). Іони молекул масла, наприклад кислоти і води у момент виходу із зони тертя і дії електромагнітного поля рекомбінують до нейтральних молекул (9; 10).

На катодних поверхнях тертя сполучених деталей опори ковзання в процесі відновлення атомарний водень Н проявляє високу відновлювальну активність.

Електрохімічне відновлення кисневих форм масла в зоні тертя атомарним воднем та іонами металів – Ме протікають за наступними реакціями



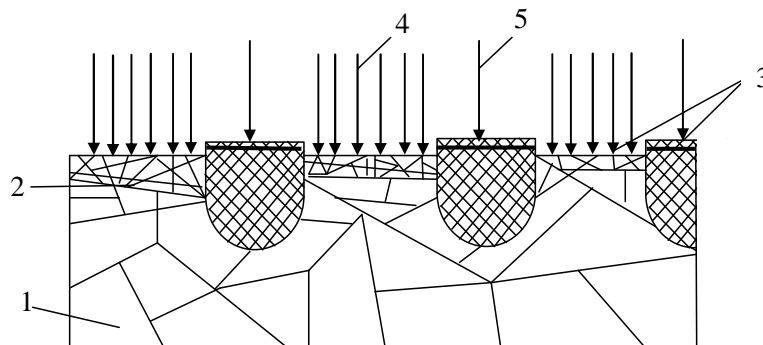
Метал, який накопичується в маслі за рахунок електрохімічного процесу (11; 12), покращує експлуатаційні властивості моторного масла. У разі тривалого зберігання (більше двох років) в осад не випадає, відповідно, перебуває у зв'язаному стані з молекулами масла, як і у відомих металомістких присадках, призначених для покращення функціональних властивостей масла.

Накопичення таким чином металу в маслі залежить від властивостей розчинних електрохімічним способом металів і щільності (густини) струму.

Наприклад, у разі щільності струму 100-1200 А·м<sup>-2</sup> в маслі розчинюється до 5-7 % цинку, і 0,1 – 3,0 % міді (по масі).

На рис. 3 показано схему електрохімічного осадження розчинних металів на поверхні тертя під дією електричного струму у разі окисленого зношування.

З метою попередження забруднення змащувального масла продуктами розчинення анода під час електрохімічного відновлення масла та окислів металів у якості нерозчинної анодної вставки застосовується нерозчинний електрод, виготовлений, наприклад, із графіта. У цьому разі метал електрохімічним способом не висаджується на поверхні тертя, а масло не забруднюється.



1 – матеріал деталі; 2 – окисли; 3 – електрохімічне покриття; 4 – щільність струму енергоремонтації без окислів; 5 – щільність струму енергоремонтації при наявності окислів.

Рис. 3. Схема електрохімічного осадження розчинних металів на поверхні тертя у разі окисленого зношування.

Пропоновані способи перевірені на парах тертя агрегатів під час випробувань на Вінницькому заводі тракторних агрегатів, Кіровоградському заводі «Гідросила», одеському філіалі НАПІ та інших установах.

### **Висновки та перспективи подальших досліджень.**

Результати випробувань показали, що застосування зазначених технологій забезпечить стабілізацію та фінішне відновлення геометричних розмірів поверхонь та експлуатаційних властивостей пар тертя, збільшення ресурсу експлуатації агрегатів транспортних засобів з 1000 мотогодин до 20000 мотогодин, а також електромагнітне очищення моторного масла від феромагнітних продуктів зношування поверхонь пар тертя та електрохімічну регенерацію моторного масла безпосередньо під час виконання транспортних завдань без припинення застосування транспортних засобів. Відновлення поверхні пар тертя забезпечує покращення експлуатаційних характеристик агрегатів та забезпечує економію паливно-мастильних матеріалів щомісяця до 3 % від місячної норми.

Напрямом подальших досліджень може бути розроблення рекомендацій щодо покращення інших експлуатаційних показників техніки та озброєння військових формувань України.

**Список літератури:** 1. Норми витрат пального, масел, мастил, спеціальних рідин при експлуатації, ремонті та консервації військової техніки та озброєння Збройних сил України, встановлені наказом Міністра оборони України від 06.01. 1999 р. К.: Варта. – 1999. – 271 с. – С. 12 – 14. 2. «Настанова з автомобільної служби внутрішніх військ МВС України» затверджена наказом Міністра Внутрішніх Справ України від 21.11.2003 р. № 1402 додаток 1.7 та додаток 13. – 150 с. 3. Настава з автомобільної служби введена в дію наказом Міністра оборони СРСР від 01.09.1977 р. № 225. 4. Наказ МО України від 16.03.1994 р. № 70 «Про введення в дію Керівництва по визначенню норм напрацювання (строків служби) до ремонту та списання автомобільної техніки Збройних Сил України». 5. Патент Российской Федерации 2002133583. Способ повышения износостойкости пар трения и улучшения эксплуатационных свойств смазочного материала [Текст]. Заявка № 2002133583/04. Опубликовано 10.07.2004 р. 6. Патент Российской Федерации № 2111477. Способ возрождения машин [Текст]. Винахідники: Кравець І.А.; Кравець С.І. Заявка № 93041279/93. Зарегистрирован 20.05.1998 р. 7. Авторское свидетельство № 687374. SU 1826728/ Способ повышения ресурса пар трения [Текст]. Винахідник: Кравець І.А. Кл. G01N 3/5, 1978 р. Заявка № 4674811/27. Опубликовано 08.02.1989 р. 8. Положення про річні норми витрат моторесурсів і порядок експлуатації автомобільної техніки, силових агрегатів у внутрішніх військах МВС України затверджене наказом Міністра Внутрішніх Справ України від 03.12.2004 р. №1479. – 7 с. 9. «Настанова з автомобільної служби внутрішніх військ МВС України» затверджена наказом Міністра Внутрішніх Справ України від 21.11.2003 р. № 1402 Розділ 3. С.17-34. – 150 с. 10. Наказ Міністра оборони України від 10.01.1995 р. № 10 «Про порядок використання автомобільної техніки у Збройних Силах України». 11. Наказ Міністра оборони України від 05.12.2006 р. № 714 «Про затвердження Змін до Керівництва з експлуатації техніки в Збройних Силах України». 12. Кравець І.А. Безсервісні трибо системи / А.І. Кравець // Зб. наук. праць наук. центру ВПС України. К.: НЦ ВПС України. – 2002. – № 5. – С. 25-32. 13. Александров Е.Е. Повышение ресурса технических систем путем использования электрических и магнитных полей: Монография / Е.Е. Александров, І.А. Кравець, Е.Н. Лысиков и др. // – Харьков.: НТУ «ХПИ». – 2006. – 544 с. 14. Кленников В.М. Автомобиль. Учебник водителя «В» / В.М. Кленников, Н.М. Ильин, Ю.В. Буралев. // Рис. 21 С. 32-39. – Система смазки двигателя. – М.: Транспорт, 1981. – 256 с. 15. Патент № 57209 «Спосіб електромагнітного очищення й електрохімічної регенерації масла» [Текст]. МПК (2006) C25F 7/00 / Винахідники:

Кравець І.А.; Андрієвський А.П.; Борейко Л.Б., Миколенко М.О. Кравчук С.М., Плахтій В.М.// Оpubлік. 10.02.2011 р. бюл. Деп. Інтелектуальної власності № 3/2011. 16. Патент України № 58541 “Електромагнітний фільтр – електрохімічний регенератор” [Текст]. МПК (2011. 01) С25F 7/00./ Винахідники: Кравець І.А., Андрієвський А.П.; Борейко Л.Б., Нечосов В.В. Мусієнко І.П. Кудрицький М.О.// Оpubлік. 11.04.2011. бюл. Держ. деп. інтел. власн. № 7/2011. 17. Патент № 57210 “Спосіб трибоелектрохімічної регенерації поверхонь пар тертя”. МПК (2006) С25D 5/24/ Винахідники: Кравець І.А., Борейко Л.Б., Андрієвський А.П., Миколенко М.О., Степурко В.В., Мусієнко І.П., Кудрицький М.О.// Оpubлік. 10.02.2011, бюл. № 3/2011.

*Поступила в редколлегию 27.07.2011*

**УДК 621.182.95**

**М.В.ПИЛАВОВ**, ст. преп., Восточноукраинский университет  
им. В. Даля, Луганск

**А.А.КОВАЛЕНКО**, канд. техн. наук, доц., Восточноукраинский  
университет им. В. Даля, Луганск

**Д.А.КАПУСТИН**, асп., Восточноукраинский университет  
им. В. Даля, Луганск

**К.Н.АНДРИЙЧУК**, канд. техн. наук, доц., Восточноукраинский университет  
им. В. Даля, Луганск

## **ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ТРУБОПРОВОДАХ СИСТЕМ ГИДРОТРАНСПОРТА**

В статье производится обобщение зависимостей, определяющих переход вязкопластических гидросмесей от ламинарного режима течения к турбулентному. С учетом чего представлены зависимости для определения коэффициента потерь на трение для таких сред.

Ключевые слова: гидросмесь, вязкопластичный, зависимость, ламинарный, турбулентный.

У статті призводиться узагальнення залежностей, визначаючих перехід в'язкопластичних гідросумішей від ламинарного режиму плинну до турбулентного. З обліком чого представлені залежності для визначення коефіцієнта втрат на тертя для таких середовищ.

Ключові слова: гідросуміш, в'язкопластичний, залежність, ламинарний, турбулентний.

The paper is a generalization of the dependency determines the transition of viscous-plastic slurries from laminar to turbulent flow. Given what plots to determine the coefficient of friction losses for such media.

Key words: slurry, viscous-plastic, dependence, laminar, turbulent.

Развитие гидротранспорта в нашей стране требует дальнейшего исследования течения неньютоновской жидкости в трубопроводах.

Гидросмеси проявляют неньютоновские свойства, если концентрация твердых частиц достигает 60% - 70%, и в общем случае их течение описывается уравнением Балкли-Гершеля

$$\tau = \tau_0 + K \left( \frac{du}{dr} \right)^{n-1} \frac{du}{dr}, \quad (1)$$

где  $\tau_0$  - начальное напряжение сдвига;  $K$  – коэффициент консистентности жидкости;  $n$  - параметр нелинейности.