

Трибологічна надійність важконавантажених пар тертя сільськогосподарських машин. Метод дослідження

В роботі досліджено можливість використання синтезатора металів "Форсан" в системі важконавантажених пар тертя сільськогосподарських машин з позиції структурно-енергетичної теорії тертя та зношування для управління процесами активації і пасивації. Проведені експериментальні дослідження триботехнічних властивостей пар тертя на стенді МТ-1. Показано, що найбільша ефективність застосування "Форсан" проявляється при введенні його в ЛИТОЛ.

синтезатор металів, зношування, пускові моменти, температура, пара тертя, коефіцієнт тертя

Вступ. Для сучасного машинобудування, в тому числі і сільськогосподарського, характерні: безперервний ріст енергонапруженості, більш важкі умови експлуатації, масовий характер випуску продукції з підвищеними вимогами до трибологічної надійності. Значна частина відмов (до 80%) в роботі машин та механізмів відбувається

© Б.В. Гупка, 2010

через інтенсивне зношування деталей пар тертя, що впливає на надійність та довговічність трибоспряження. Першочерговою стає задача підвищення поверхневої міцності і зносостійкості деталей машин, а також застосування нових ефективних мастильних матеріалів, відповідних добавок, синтезаторів матеріалів. Все це в повній мірі відноситься до важконавантажених вузлів тертя сільськогосподарських машин, для яких характерні високі, з циклічною зміною, силові параметри навантаження, непостійний режим мащення, ймовірність потрапляння абразиву в зону тертя, обмеженість по вибору високоякісних вихідних матеріалів деталей пар тертя. Стало очевидним, що без використання результатів фундаментальних досліджень триботехніки, фізики твердого тіла, матеріалознавства, термодинаміки відкритих систем, синергетики, теорії системного аналізу, хімотології задачу не вирішити.

Технологічні та конструкторські методи зміцнювання необхідні, але недостатні для управління динамічною рівновагою процесів активації та пасивації: вони обмежені рівнем розвитку галузей техніки і технологій, які їх реалізують. У той же час недостатньо розвиваються способи експлуатаційного зміцнення поверхонь трибоелементів, не зважаючи на те, що вони дозволяють модифікувати тонкі поверхневі шари і тим самим забезпечити вимоги щодо зносостійкості, втомної міцності, антикорозійних та інших властивостей деталей. Актуальною є проблема розроблення структурно-енергетичних основ експлуатаційного зміцнення поверхонь тертя ковзання деталей сільськогосподарських машин як суб'єктивної форми необхідності отримання нових знань з метою удосконалення експлуатаційної ефективності сільськогосподарської техніки.

Метою роботи є дослідження можливості використання синтезатора металів "Форсан" в системі важконавантажених пар тертя сільськогосподарських машин з позиції структурно-енергетичної теорії тертя та зношування для управління процесами активації і пасивації.

Дослідження триботехнічних властивостей синтезатора металів "Форсан", при питомому тиску в парі тертя P від 1,0 до 30 МПа, постійній швидкості ковзання $V = 4,2$ м/с проводили на лабораторному стенді МТ-1 (рис. 1) і спеціально спроектованому та виготовленому трибометрі. Матеріали досліджуваних зразків – Сталь 45 ($HRC_{\text{с}} 35 - 38, Ra = 0,32$), контртіла – сталь ХВГ ($HRC_{\text{с}} 46 - 48, Ra = 0,63$). Вибрана відкрита плоска схема контакту (торець диска (контртіла) – торець пальчикового досліджуваного зразка), яка зручна для притирання зразків, подачі мастильного матеріалу, візуального контролю за процесом тертя, подальших металографічних досліджень. Після кожного етапу силового навантаження вимірювались: інтенсивність зношування J , коефіцієнт тертя μ , температура на поверхні тертя зразка T , величина контактної електроопору (KEO) пари тертя. Досліджувався і структурний стан поверхонь тертя з ідентифікацією типів вторинних структур по основних триботехнічних параметрах. В якості мастила використовували мастило-носій з синтезатором металів "Форсан", а також ЛИТОЛ-24 і ЛИТОЛ-24 з синтезатором металів "Форсан".

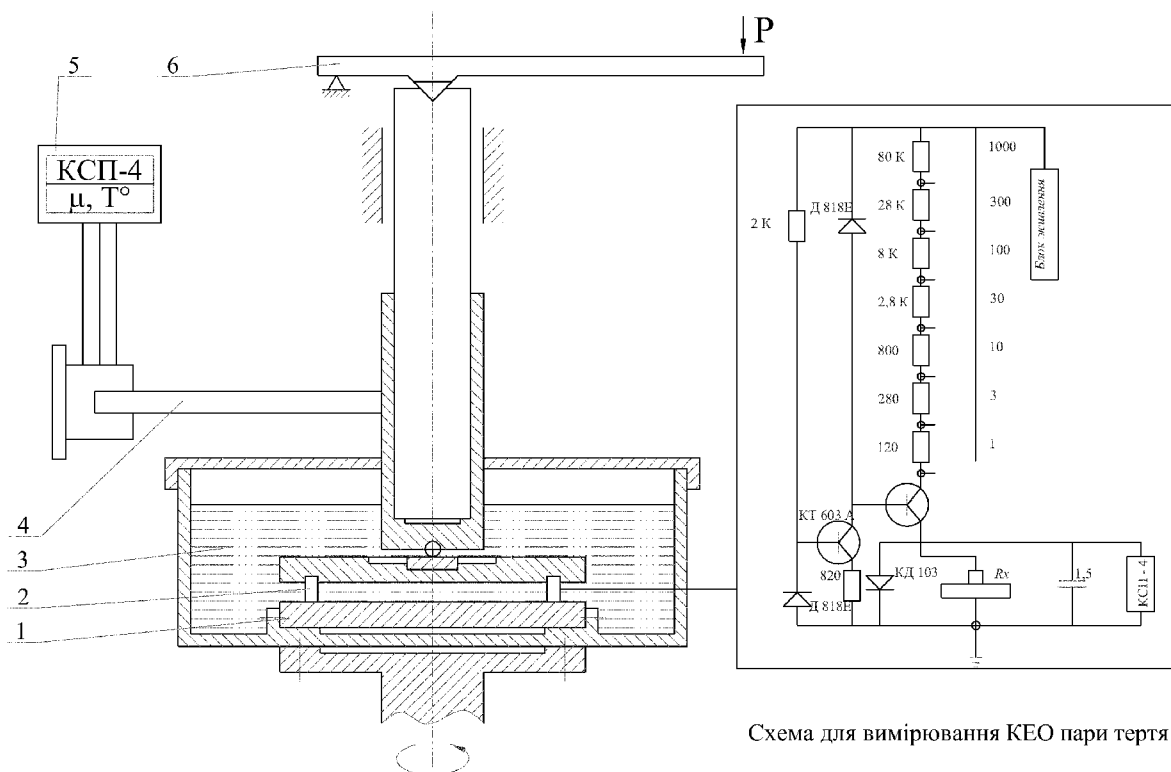


Схема для вимірювання КЕО пари тертя

1 – контртіло; 2 – досліджуваний зразок; 3 – мастило; 4 – тензобалка; 5 – прилад для реєстрації триботехнічних параметрів; 6 – механізм навантаження

Рисунок 1 – Вузол тертя та механізм навантаження стенда МТ-1

"Форсан" відноситься до розряду твердих мастильних матеріалів – це багатокомпонентна дрібнодисперсна суміш мінералів – серпентинітів, хлоритів, каолінітів та інших. Загальна хімічна формула "Форсан" – $Mg_6(SiO_{10})(OH)_8$ і відповідні вclusions: Fe, Ca, Ni, Ti, Cr, Cu, Pt та інші у вигляді окислів та інших груп. Частинки порошку "Форсан" в кінцевому вигляді мають розміри від 1 до 100 мкм. За своєю природою захисний поверхневий шар, сформований на базі "Форсан", діелектрик і вогнетривкий, має однаковий з металом деталей пар тертя коефіцієнт лінійного розширення, ідеально втримується на поверхні металу. "Форсан" не є присадкою і вводиться в зону фрикційного контакту за допомогою мастила, антифриза,

консистентного мастила.

Дослідження триботехнічних властивостей пари тертя в мастилі-носії показали, що найбільше впливає "Форсан" на інтенсивність зношування (рис. 2). При терті в мастилі-носії для питомого тиску в парі тертя 1 МПа швидкість зношування складає 1,0 мкм/год, а в присутності "Форсан" зменшується до 0,1 мкм/год. Причому, із збільшенням питомого тиску в парі тертя вплив "Форсан" на швидкість зношування зростає. Так, при тиску в парі тертя 30 МПа швидкість зношування в мастилі-носії складає 15 мкм/год, а в мастилі-носії, який включає "Форсан", – 1,0 мкм/год, тобто швидкість зношування знижується в 15 разів.

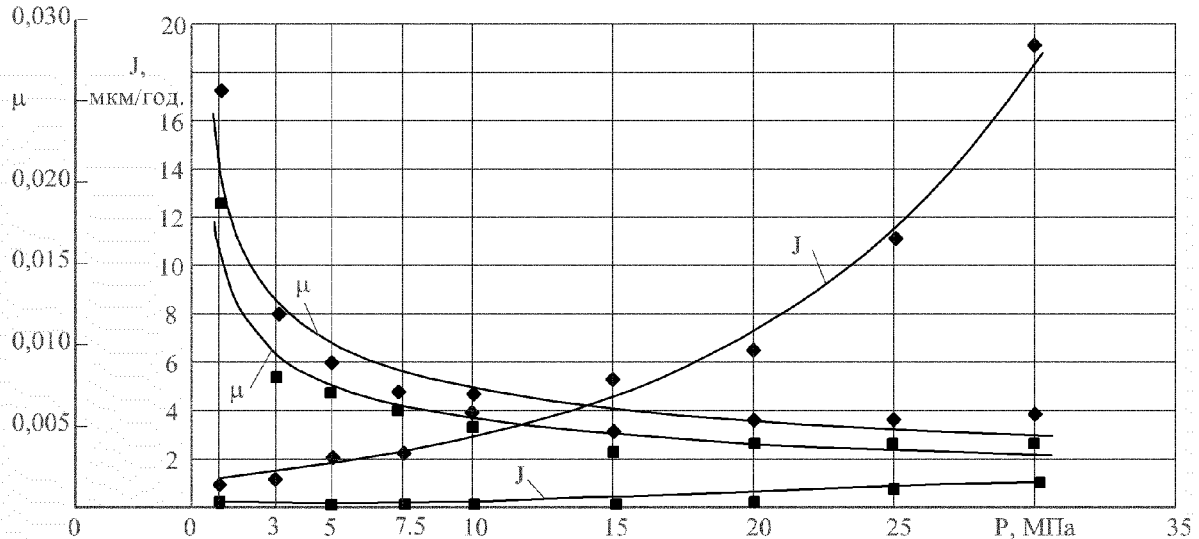


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності зношування J , коефіцієнту тертя μ від питомого навантаження P при терті в мастилі-носії (\blacklozenge) і в мастилі з "Форсан" (\blacksquare)

Встановлено, що при терті в мастилі-носії, який включає "Форсан", залежність значення коефіцієнту тертя від питомого тиску в парі тертя аналогічна до залежності в мастилі-носії (рис. 2), тобто із збільшенням питомого тиску значення коефіцієнту тертя знижується. Однак, введення в масло "Форсан" знижує значення коефіцієнта тертя на 25-30%.

В присутності "Форсан" в мастилі-носії спостерігається зниження значень пускових моментів (рис. 3). Цей факт важливий, оскільки багато вузлів тертя запускаються в роботу під навантаженням, і зниження моменту тертя зменшує ймовірність схоплювання поверхонь металів в момент пуску.

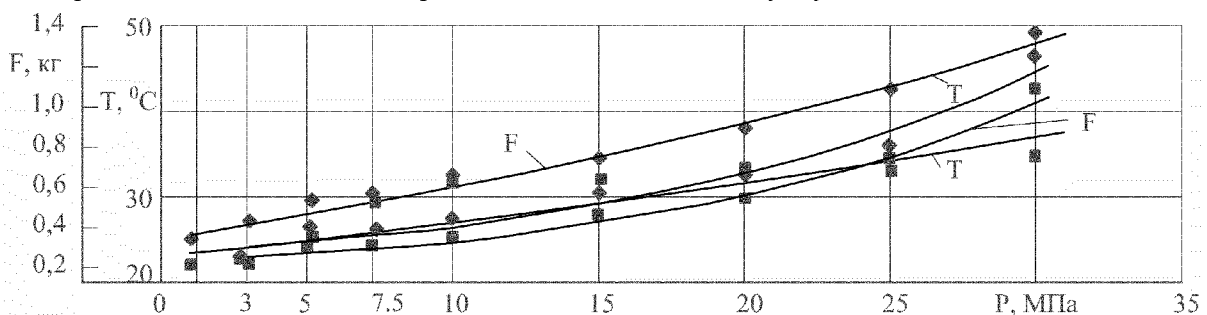


Рисунок 3 – Залежність температури в парі тертя T і пускових моментів F від питомого навантаження P при терті в мастилі-носії (\blacklozenge) і в мастилі з "Форсан" (\blacksquare)

Дослідження показали, що при терті в маслі, яке не включає "Форсан", температура вузла тертя при збільшенні питомого тиску від 1 до 30 МПа зростає більше, ніж у 2 рази (рис. 3). В присутності в мастилі "Форсан" температура вузла тертя зменшується, причому в інтервалі питомих тисків в парі тертя від 10 до 30 МПа температура вузла тертя практично не змінюється. При тиску 30 МПа температура вузла тертя в мастилі, яке включає "Форсан", на 15°C нижча, ніж у мастилі без "Форсан".

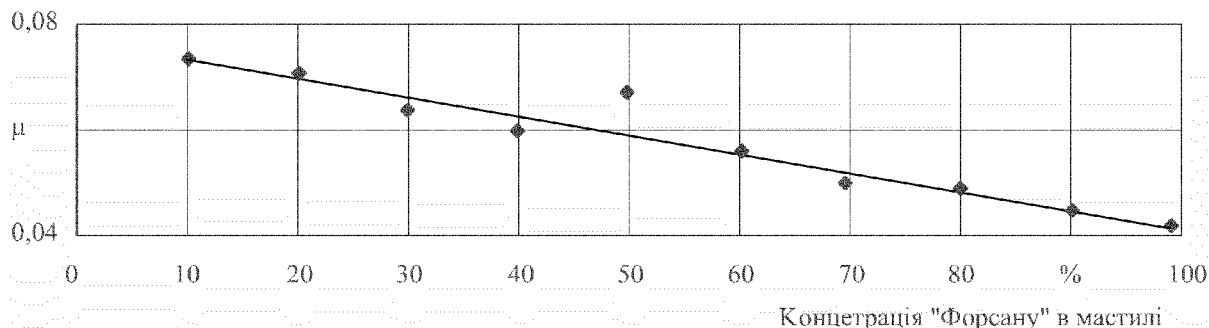


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнту тертя μ від зміни концентрації "Форсан" в мастилі-носії

Для дослідження впливу зміни концентрації синтезатора металів "Форсан" в мастилі-носії на триботехнічні властивості, умовно за 100% концентрацію "Форсан" було взято мастило, яке поставлене замовником і яке включає "Форсан", потім в це вихідне мастило додавали чисте мастило для отримання наступних концентрацій в ньому "Форсан": 75%, 50% і 25% (рис.4).

Дослідження показали, що при зниженні концентрації "Форсан" в мастилі в 4 рази значення коефіцієнту тертя μ збільшується з 0,049 до 0,070, при цьому не виявлено впливу зміни концентрації "Форсан" на температуру вузла тертя.

Візуальний огляд поверхонь тертя показав, що при терті в мастилі-носії поверхня світла, присутні риси (сліди тертя), а при терті в мастилі з "Форсан", поверхня тертя темна, гладка, без рисок та інших слідів тертя.

Найбільша ефективність застосування "Форсан" проявляється при введенні його в ЛИТОЛ. Дослідження показали, що із збільшенням питомого тиску в парі тертя від 1 до 10 МПа інтенсивність зношування J при терті в ЛИТОЛі збільшується від 4,5 до 13,2 мкм/год (рис. 5). При терті в ЛИТОЛі, який включає "Форсан", інтенсивність зношування зменшується в 10 раз і складає 0,4 мкм/год при питомому тиску 1,5 МПа і 1,3 мкм/год при питомому тиску 10 МПа.

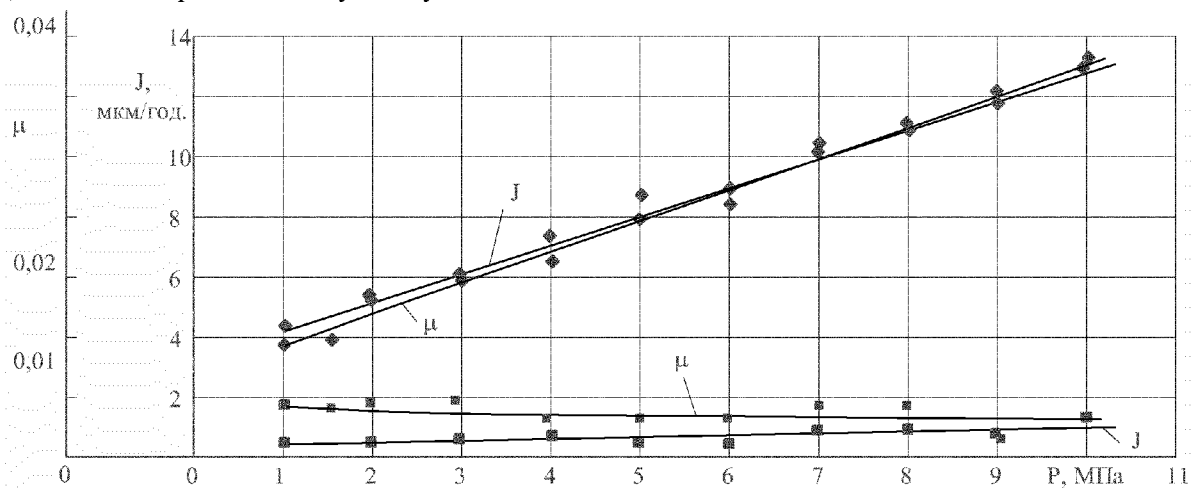


Рисунок 5 – Залежність інтенсивності зношування J і коефіцієнту тертя μ від питомого навантаження

P при терті в ЛИТОЛі (♦) і в ЛИТОЛі з "Форсан" (■)

Аналогічно впливає "Форсан" на значення коефіцієнту тертя. При терті в ЛИТОЛі із збільшенням питомого тиску від 1 до 10 МПа значення коефіцієнту тертя збільшується майже в 4 рази (рис. 5), причому при питомому тиску 5 МПа з'являється биття пари тертя, а на поверхні тертя спостерігаються зони схоплювання (задири) металу. При терті в ЛИТОЛі, який включає "Форсан", значення коефіцієнту тертя практично не змінюється із збільшенням питомого тиску в парі тертя. При питомому тиску в парі тертя 1 МПа значення коефіцієнту тертя в 3 рази нижче, ніж в ЛИТОЛі без "Форсан", а при тиску 10 МПа – в 8 раз, при цьому поверхня тертя чиста, без будь-яких слідів зношування чи схоплювання металу.

Дослідження показали, що значення пускових моментів пари тертя значно знижуються в присутності в ЛИТОЛі "Форсан" (рис. 6). Так, при питомому тиску в парі тертя 10 МПа значення пускового моменту в ЛИТОЛі, який включає "Форсан", майже в 7 раз нижче цього значення в ЛИТОЛі без "Форсан".

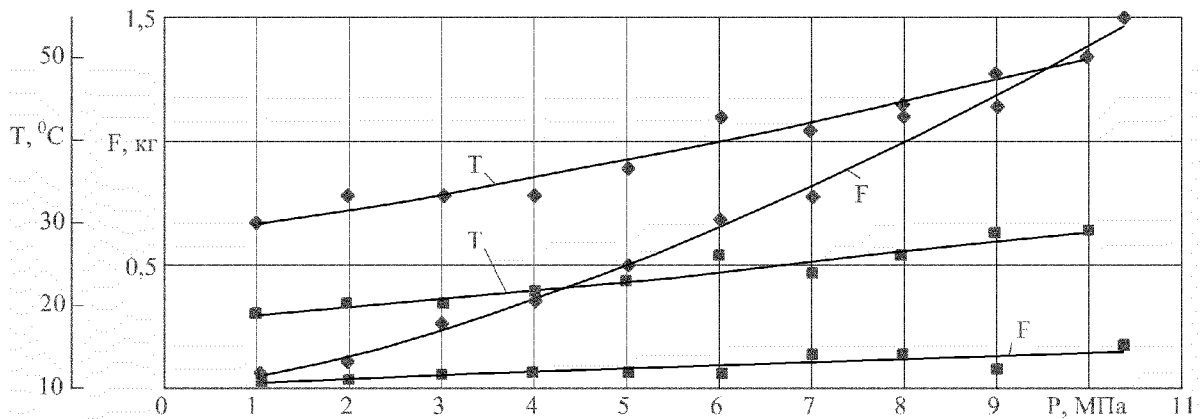


Рисунок 6 – Залежність пускових моментів F і температури вузла тертя T від питомого навантаження

P при терті в ЛИТОЛі (♦) і в ЛИТОЛі з "Форсан" (■)

Встановлено, що при терті в ЛИТОЛі із збільшенням питомого тиску в парі тертя від 1 до 10 МПа температура вузла тертя зростає від 30 до 50°C (рис. 6). В присутності "Форсан" температура вузла тертя знижується на 10-20°C і при питомому тиску 10 МПа не перевищує 30°C.

Аналіз одержаних результатів та практичні рекомендації по дослідженню та застосуванню синтезатора металів "Форсан".

Рекомендується застосовувати синтезатор металів "Форсан" вибірково із врахуванням конструктивних особливостей вузлів тертя, умов експлуатації (швидкість ковзання, питоме навантаження, температура), а також виду мастила та режиму мащення.

В діапазоні нормального тертя та зношування, при мінімальних та стабільних значеннях J, μ, T (наявність на поверхнях тертя відповідних вторинних структур) значення KEO максимальне і стабільне. При цьому по характеру зміни KEO , чітко фіксуються критичні значення P, V зони перехідних процесів (припрацювання → нормальне тертя та зношування, об'ємна деструкція). Обґрунтована кореляційна залежність між значеннями J, μ, T і KEO з відповідною ідентифікацією по типах вторинних структур, експресність та висока структурна чутливість параметрів KEO

дозволили суттєво скоротити час експериментальних досліджень із збереженням реального масштабу процесів в зоні фрикційного контакту.

Практикою експлуатації "Форсан" у важконавантажених парах тертя машин та механізмів підтверджено його ефективність проти електрохімічної корозії, вуглецевого збільшення крихкості при "заліковуванні" сітки вуглецевого поверхневого розтріскування, відновленні вихідних геометричних розмірів деталей, що зменшує зазори. Сформовані металокерамічні покриття мають високу мікротвердість і пружність, здатні до саморегенерації і працюють як захисний шар, підвищуючи ресурс механізмів при критичних навантаженнях в умовах "мастильного голоду", в процесі "холодного запуску", при наявності абразиву. Основні техніко-економічні показники та ефекти від використання даного синтезатора: зниження енергетичних витрат на тертя до 20%, підвищення зносостійкості до 5 раз, збільшення ресурсу мастил до 3 раз, зменшення шумових та вібраційних характеристик на 4-7 одиниць, температури в зоні контакту, зменшення періоду припрацювання пар тертя.

Таким чином при використанні "Форсан" значно знижується рівень основних триботехнічних показників (J, μ, T), а також суттєво покращується структурний стан поверхневих шарів матеріалів пар тертя, замінюється контакт "метал – метал" на "металокераміка – металокераміка" за рахунок наявності особливо чистої фуллереної композиції.

Б. Гупка

Триботехническая надежность тяжело нагруженных пар трения сельскохозяйственных машин. Метод исследования

В работе исследовано возможность использования синтезатора металлов "Форсан" в системе тяжело нагруженных пар трения сельскохозяйственных машин с позиции структурно энергетической теории трения и изнашивания для управления процессами активации и пассивации. Проведены экспериментальные исследования триботехнических свойств пар трения на стенде МТ-1. Показано, что наибольшая эффективность применения "Форсан" проявляется при введении его в ЛИТОЛ.

В. Гупка

Tribological reliability of heavy loaded pair of friction of agricultural machines. Research method

Possibility of the use of synthesizer of metals of "Forsan" is in-process investigational in the system of heavy loaded pair of friction of agricultural machines from position structurally to the power theory of friction and wear for a management the processes of activating and passivation. Experimental researches of tribotechnical properties of pair of friction are conducted on the stand of МТ-1. It is rotined that most efficiency of application of "Forsan" shows up at entered it in LITOL.

Одержано 01.12.09