

Таблиця 2 – Узагальнююча таблиця математичних розрахунків для вибору оптимального режиму електроіонізації повітря для обробки плодів черешні перед закладенням на тривале зберігання

Режим обробки	Показники плодів (критерій А)													Значення цільових функцій			
	Титр. кислоти		Цукри		Фенольні сполуки		Етиловий спирт		Ацетальдегід		Інтенсивність дихання		Опірність про-				
	f_1 (%)	f_2 (%)	f_3 (%)	f_4 мг/100 г	f_5 мг/100 г	f_6 мг/100 г	f_7 мг/100 г	f_8 мг/100 г	f_9 мг/100 г	f_{10} мг/100 г	f_{11} мг/100 г	f_{12} мг/100 г	f_{13} мг/100 г		f_{14} мг/100 г	f_{15} мг/100 г	
Контроль	0,428	3,66		162,8		126,40	4,42	43,323	36,01								
1). 5000 В; 5 хв	0,431	6,79	0,041	229,58	0,133	58,49	0,001	2,75	0,099	5,185	0,020	0,020	48,70	0,009	6,545	9	
2). 5000 В; 10 хв	0,435	7,27	0,438	221,50	0,078	48,50	0,280	1,97	0,386	41,292	0,649	0,649	48,50	0,002	5,003	8	
3). 5000 В; 20 хв	0,563	7,10	0,298	209,98	0,0003	47,30	0,313	1,96	0,390	33,169	1,002	1,002	49,00	0,019	4,430	7	
4). 10000 В; 5 хв	0,520	7,35	0,304	350,22	0,946	52,06	0,180	2,97	0,020	50,092	0,267	0,267	69,1	0,722	3,940	6	
5). 10000 В; 10 хв.	0,464	7,56	0,678	330,01	0,810	46,15	0,345	1,94	0,397	51,446	0,208	0,208	69,80	0,747	3,563	4	
6). 10000 В; 20 хв	0,499	7,30	0,463	330,24	0,812	45,49	0,363	1,39	0,599	54,984	0,634	0,634	67,80	0,677	3,674	5	
7). 15000 В; 5 хв.	0,661	7,81	0,884	358,12	0,999	22,67	0,999	0,35	0,982	33,262	0,149	0,149	76,50	0,981	1,158	2	
8). 15000 В; 10 хв.	0,631	7,90	0,959	346,28	0,920	28,04	0,849	0,72	0,846	39,264	0,737	0,737	77,00	0,998	0,933	1	
9). 15000 В; 20 хв.	0,506	7,64	0,744	269,88	0,404	37,21	0,593	1,03	0,732	52,800	0,998	0,998	72,70	0,848	2,302	3	

УДК 621.891

КОМПОНЕНТИ ЗМАЩУВАЛЬНИХ МАСЕЛ ТА ВПЛИВ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ НА ЇХ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ І ТРИБОТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Сушко О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. 8 (0619) 42-13-54

Ключові слова – трибомеханічні системи, змащувальні матеріали, функціональні присадки, антифрикційні добавки.

Анотація – робота присвячена застосуванню, призначенню і експлуатаційним властивостям існуючих змащувальних матеріалів. Розглянуто основні компоненти змащувальних масел (базові масла, функціональні присадки і антифрикційні добавки) та вплив фракційного складу на їх фізико-хімічні і триботехнічні показники.

Постановка проблеми. Розширення діапазону навантажувально-швидкісних та температурних експлуатаційних факторів трибомеханічних систем в стаціонарних та нестаціонарних умовах призводить до підвищення вимог до показників надійності та довговічності конструкційних матеріалів. Найбільш економічним напрямком удосконалення роботи вузлів тертя є розробка нових композицій мастильного матеріалу з ефективними змащувальними, антифрикційними та протизношувальними властивостями. Ефективність змащування залежить від механо-фізико-хімічних явищ в триботехнічному контакті на межі метал – мастильний матеріал. Галузь досліджень цих процесів в нестаціонарних умовах, при домінуючому впливі граничного або змішаного режимів мащення, потребує подальшого вивчення.

Аналіз останніх досліджень. Напрямки підвищення надійності трибомеханічної системи повинні ґрунтуватися на мінімізації енергетичних витрат при створенні конструкційних елементів сучасної техніки. Поліфункціональність експлуатаційних властивостей мастильного матеріалу свідчить про його значний вплив на довговічність та працездатність контактних пар. Біля 30% загальної виробленої енергії витрачається на тертя, а удосконалення мастильного матеріалу та поліпшення ефективності мащення дозволяє знизити енергетичні витрати на 45% [1].

в'язкості, високі змащувальні властивості в широкому інтервалі температур, хімічна стабільність, стійкість до старіння і окислення) можуть мати тільки спеціальні синтетичні масла. У даний час використовують як основу для синтетичних змащувальних матеріалів [13]: поліефіри (полігліколі, поліфенілові ефіри); складні ефіри одно- і багатоосновних карбонових кислот і спиртів; складні ефіри фосфорної кислоти; силоксани; ефіри кремнієвої кислоти; полігалогенпохідні вуглеводні; фторвмістні з'єднання, а також синтетичні вуглеводні - поліолефіни і алкільовані ароматичні з'єднання.

Синтетичні масла не завжди забезпечують реалізацію необхідних властивостей, тому частіше використовують їх суміші з нафтовими фракціями [14]. Посадженням нафтового і синтетичного компоненту у ряді випадків можна одержати композиції, що проявляють певний синергетичний ефект функціональної дії.

Перспективним напрямом створення нових змащувальних композицій є використання альтернативних видів базових основ рослинного походження, зокрема ріпакової олії [15]. До складу ріпакової олії входять тригліцериди, складні ефіри і жирні кислоти (пальмітинова, стеаринова, олеїнова, ліноленова, ерукова та ін.), які підвищують мастильну здатність основи в умовах граничного тертя завдяки міцному зчепленню з металевою поверхнею, що запобігає безпосередньому контакту пар тертя в триботехнічному контакті [16,17].

Для поліпшення експлуатаційних властивостей масел і забезпечення надійної роботи механізмів в більшість змащувальних масел вводять спеціальні речовини. Це органічні маслорозчинні продукти (присадки), або тверді нерозчинні речовини неорганічного походження - антифрикційні добавки. Більшість промислових присадок і їх композицій містять у своєму складі кисень, сірка, фосфор, азот, хлор, кальцій, барій, цинк, магній, стронцій і такі функціональні групи, як карбоксильна, гідроксильна, сульфогрупа, дітіофосфатна, аміногрупа, трихлорметильна і деякі інші [18].

Присадки вводять в масла в невеликих кількостях - від долей до декількох відсотків (в композиціях їх загальна концентрація складає до 15%), в'язкісні присадки можуть додаватися до 20 - 30%.

За функціональним призначенням присадки класифікують на такі групи:

1. Антиокислювальні присадки - присадки, які перешкоджають, обмежують або затримують час окислення змащувального матеріалу. Антиокислювальними властивостями характеризуються такі органічні сполуки: з'єднання сірки, селену, фосфору; похідні амінів, фенолу; лимонна і глюконова кислоти. Сучасні товарні мас-

знос і попереджують задири поверхонь тертя; відводять тепло від пар тертя; захищають поверхні контактуючих пар і інші неізольовані частини від корозійної дії зовнішнього середовища; ущільнюють зазори між спряженими деталями; видаляють із зони тертя продукти зносу, корозії і інші забруднення [5].

Змащувальні речовини можуть бути рідкими (масла, вода, сірчана кислота високої концентрації), у вигляді емульсії (змащувально-охолоджуючі рідини), газоподібними (повітряне і газове мащення), пластичними і твердими (тальк, графіт, дисульфід молібдену) [6].

За призначенням змащувальні масла класифікуються за наступними групами:

- моторні масла (масла для карбюраторних двигунів (API - SA, SB, SC, SD, SF; ГОСТ 8581-78), масла для дизельних двигунів (API - CA, CB, CC, CD, ГОСТ 12337-84), масла для авіаційних двигунів (ГОСТ 21743-76);

- трансмісійні масла (автотракторні, редукторні, припрацьовуючі масла для редукторів, масла для гідравлічних муфт, гідротрансформаторів і автоматичних трансмісій (ГОСТ 23652-79));

- енергетичні масла (турбінні масла (ГОСТ 9972-74; 32-74), компресорні масла (ГОСТ 9243-75), електроізоляційні масла;

- індустріальні масла (масла загального призначення (ГОСТ 20799-88), масла для важконавантажених вузлів, для спрямовуючих ковзання (ТУ 38.1011161-88), циліндрові, для прокатних станів (ТУ 38.101853-83));

- консерваційні і робочо-консерваційні масла (ГОСТ 10877-76);

- масла спеціального призначення.

Найважливішими властивостями масел, що визначають можливість їх застосування в різних умовах експлуатації, є антиокислювальні, антифрикційні, протизношувальні, антикорозійні, миючо-диспергуючі, нейтралізуючі, деемульгуючі властивості; полого в'язкістю - температурна крива і ефективна прокачуємість при низьких температурах; мінімальне спінювання і випаровування (для авіаційних, вакуумних масел, а також для масел до гідромеханічних коробок передач та приладів);

Крім того, змащувальні матеріали не повинні піддаватися біопшкодженням, не змінювати властивостей при зберіганні і регенерації, легко транспортуватися і не викликати забруднення навколишнього середовища.

Товарні масла складаються з базових масел нафтового або синтетичного походження (або їх суміші), в які вводяться спеціальні присадки, що поліпшують певні властивості масел. Деякі

індустріальні, компресорні, вакуумні і ряд інших масел не містять присадок [7,8]. Отримання необхідних якостей масел досягається шляхом правильного підбору і сумісності властивостей базової частини з комплексом присадок, які додаються при компаундуванні.

Базові масла одержують шляхом переробки нафтової сировини. Нафтові базові масла – це суміші, що складаються з парафінових, ароматичних і нафтенових вуглеводнів (переважно змішаної будови), а також кисень-, сірко- і азотовмісних органічних сполук і смолисто-асфальтенових речовин. Елементний склад з'єднань, будова молекул вуглеводнів і їх молекулярна маса впливають на такі фізико-хімічні властивості масел як густину, в'язкість, температури кипіння і застигання, поверхневу активність і ін. [9, 10].

Масла з сірчанних нафт характеризуються відносно більш високим індексом в'язкості, кращими антикорозійними властивостями, але мають підвищену коксованість, що є їх недоліком. Багато сірковмісних сполук є антиокислювачами. Крім того, сірчані сполуки нафти утворюють на поверхнях металів захисні плівки, що інгібують їх каталітичну дію на процес окислення масла. Проте, в роботі [11] вказується, що стійкість змащувальних масел проти окислення обумовлена, перш за все, наявністю в них ароматичних вуглеводнів, які проявляють властивості високоефективних інгібіторів. Нафтові вуглеводні – основна частина змащувальних масел – окислюються порівняно легко і тому не можуть бути застосовані в чистому вигляді. Відносно швидке накопичення в процесі окислення кислих корозійно-агресивних речовин підвищує корозійну активність нафтенових вуглеводнів.

Дослідження протизношувальних властивостей монофракцій вуглеводнів, виділених з масел, свідчать про те, що специфічність масла з погляду протизношувальних властивостей також, як і з точки зору їх стійкості до окислення, додають ароматичні вуглеводні, що містяться в ньому, особливо поліциклічні [12].

Кількість поліциклічних ароматичних вуглеводнів в маслі порівняно невелика (5-10 %). У той же час, в нафтовій сировині кількість поліциклічних ароматичних вуглеводнів в 2 - 2,5 рази більше. Отже, зміною технології отримання змащувальних базових масел можна звести до мінімуму втрати поліциклічних ароматичних вуглеводнів і одержувати масла з високими протіокислювальними і протизношувальними властивостями.

Сучасні деталі трибomeханічних систем часто експлуатуються в екстремальних умовах, де ефективність змащувальної дії не може бути забезпечена застосуванням вуглеводневих нафтових масел. Складне поєднання необхідних властивостей (незначні зміни

в'язкості, високі змащувальні властивості в широкому інтервалі температур, хімічна стабільність, стійкість до старіння і окислення) можуть мати тільки спеціальні синтетичні масла. У даний час використовують як основу для синтетичних змащувальних матеріалів [13]: поліефіри (полігліколи, поліфенілові ефіри); складні ефіри одно- і багатоосновних карбонових кислот і спиртів; складні ефіри фосфорної кислоти; силосани; ефіри кремнієвої кислоти; полігалогенпохідні вуглеводні; фторвмістні з'єднання, а також синтетичні вуглеводні - поліолефіни і алкільовані ароматичні з'єднання.

Синтетичні масла не завжди забезпечують реалізацію необхідних властивостей, тому частіше використовують їх суміші з нафтовими фракціями [14]. Поєднанням нафтового і синтетичного компоненту у ряді випадків можна одержати композиції, що проявляють певний синергетичний ефект функціональної дії.

Перспективним напрямом створення нових змащувальних композицій є використання альтернативних видів базових основ рослинного походження, зокрема ріпакової олії [15]. До складу ріпакової олії входять тригліцериди, складні ефіри і жирні кислоти (пальмітинова, стеаринова, олеїнова, ліноленова, ерукова та ін.), які підвищують мастильну здатність основи в умовах граничного тертя завдяки міцному зчепленню з металевою поверхнею, що запобігає безпосередньому контакту пар тертя в триботехнічному контакті [16,17].

Для поліпшення експлуатаційних властивостей масел і забезпечення надійної роботи механізмів в більшість змащувальних масел вводять спеціальні речовини. Це органічні маслорозчинні продукти (присадки), або тверді нерозчинні речовини неорганічного походження - антифрикційні добавки. Більшість промислових присадок і їх композицій містить у своєму складі кисень, сірка, фосфор, азот, хлор, кальцій, барій, цинк, магній, стронцій і такі функціональні групи, як карбоксильна, гідроксильна, сульфогрупа, дітіофосфатна, аміногрупа, трихлорметильна і деякі інші [18].

Присадки вводять в масла в невеликих кількостях – від долей до декількох відсотків (в композиціях їх загальна концентрація складає до 15%), в'язкісні присадки можуть додаватися до 20 - 30%.

За функціональним призначенням присадки класифікують на такі групи:

1. Антиокислювальні присадки – присадки, які перешкоджають, обмежують або затримують час окислення змащувального матеріалу. Антиокислювальними властивостями характеризуються такі органічні сполуки: з'єднання сірки, селену, фосфору; похідні амінів, фенолу; лимонна і глюконова кислоти. Сучасні товарні мас-

ла можуть містити також антиоксиданти: диалкілдитіофосфати цинку і барію, іонол, агідол, борин, диалкілселеніди, дифеніламін, алкілфеноли, трибутил- і трикрезилфосфати, Олоа 267, ІХП, ІНХП.

2. Антикорозійні присадки – присадки, які перешкоджають, обмежують або затримують час розвитку корозії металевих поверхонь, які змащуються. Антикорозійними властивостями характеризуються: лужні азотні похідні, аміди жирних кислот, сірчані сполуки, похідні фосфорної і азотної кислот.

3. Присадки, які поліпшують індекс в'язкості – присадка, зазвичай полімер, що зменшує залежність в'язкості від температури і збільшує у зв'язку з цим індекс в'язкості масла. В даний час використовуються в'язкісні присадки наступних типів: поліізобутени (LZ 7065, паратон 2225, гліссопал 2300, КП), поліметакрилати (віскоплекс, плексол, ПМА «Д»), поліолефіни, полімери диснів (бугадієни, ізопрени) [18].

4. Депресорні присадки – присадки, що знижують температуру застигання рідкого змащувального матеріалу. Найбільше застосування знайшли депресори поліметакрилатного типу - LZ 7745, ПМА «Д», Плексол 102, Плексол 704, Плексол 1455.

5. Миючо-диспергуючі присадки – речовини, що допомагають утримувати тверді частинки в маслі у зваженому стані та підвищують дисперсність нерозчинних забруднень і стабільність суспензій при низьких температурах. Вони зменшують відкладення продуктів окислення, знижують корозійний знос, нейтралізують кислі продукти згорання палива. Застосовують високолужні сульфонати натрію, кальцію, барію, магнію, цинку (СК-11, СБ-3, ПМС, С-150, Хайтек Е-632, Лубрізол 65, Паранокс 24, ІХП-215, С-300Е, М-300Е), алкілсаліцилати кальцію, літію, натрію, магнію, барію (АСК, МАСК, АС-60С), алкілфеноляти (Паранокс 51, ЦІАТІМ), сукциніміди (дипол – 40 і 45, ЛЗ-325, Олоа 340G, С-5А, Олоа 1200, ІХП - 476) і ін. Окрім основних властивостей вони також проявляють антиокислювальну, антикорозійну і протизношувальну активності.

6. Протизношувальні і протизадірні присадки – речовини, які перешкоджають (або що зменшують) швидкість або інтенсивність зношування та обмежують заїдання поверхонь тертя. Активними компонентами їх молекул є сірка, фосфор, хлор. Відомі також присадки, які містять свинець, сурму, молібден (у поєднанні з сіркою і фосфором). Слід зазначити, що більшість присадок цієї групи проявляють і антифрикційні властивості. До протизношувальних і протизадірних присадок відносяться: ДФ-1, ЛЗ-309/2, ДФ-11, ТР-17В, АВЕС, ЕФО, трикрезилфосфат, совол, Англамол 99. Слід зазначити, що більшість присадок цієї групи проявляють і антифрикційні властивості.

Для поліпшення експлуатаційних властивостей масел використовують також антипінні, деемульгуючі, припрацювальні і інші групи присадок.

Антифрикційні добавки – добавки, які підвищують змащувальну здатність масел. До твердих антифрикційних добавок відносяться: графіт, дисульфід молібдену, нітрид бору, деякі селеніди, сульфідні і йодиди металів, високодисперсні порошки металів і їх оксиди [5]. Перевагою твердих нерозчинних добавок є те, що їх дія проявляється як при низьких, так і при високих температурах

Значного ефекту підвищення триботехнічних характеристик набуває останнім часом застосування нанорозмірних частинок (3 - 70нм) [19]. До їх числа слід віднести ультрадисперсні алмази і ультрадисперсний алмазоподібний графіт [20, 21], фулерени і фулереноподібні структури [22], ультрадисперсні кераміки на основі нітридів і оксинітридів перехідних металів - силіони [23], природні силікати і графіт [24].

Слід зазначити, що при створенні та впровадженні рецептури товарного масла необхідно враховувати, що підвищення експлуатаційних властивостей масел досягається не тільки введенням поліфункціональних присадок і добавок, але і початковими властивостями базової основи і її сумісністю до різних типів присадок.

Висновки. Для забезпечення надійної роботи вузла тертя необхідний ретельний підбір мастильного матеріалу відповідно до умов експлуатації. Найбільш важливими критеріями вибору є навантажувально - швидкісні параметри, температурний режим, стаціонарні чи нестационарні режими роботи. Підвищити якість мастильного матеріалу можливо підбором базової основи з застосуванням мінеральних, синтетичних та рослинних масел. Введення присадок і антифрикційних добавок дозволяє розширити галузь їх застосування за рахунок підвищення в'язкісно - температурних, антифрикційних, протизношувальних та термоокислювальних властивостей.

Література

1. *Кламанн Д.* Смазки и родственные продукты / Д. Кламанн. – М.: Химия, 1988. – 487 с.
2. *Clauss F. J.* Solid lubricant and self-lubricant solids / F.J. Clauss.- New York/ London, 1972. – 105 p.
3. *Райко М. В.* Исследование смазочного действия нефтяных масел в условиях работы зубчатых передач: дис.... д-ра техн. наук; 05.02.04 / М.В. Райко. – К.: КИИГА, 1974. - 369 с.

4. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справ. изд./ К.М. Бадышова, Я.А. Берштадт, М.К. Богданов и др. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
5. Справочник по триботехнике: в 3т./ Под общ. ред. М. Хебты, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1990. – Т.2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. – 412 с.
6. Старосельский А.А. Долговечность трущихся деталей машины / А.А. Старосельский, Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1967, – 391 с.
7. Пат. 52023А, Україна, МПК⁷ F16M17/06, F04B11/00. Вакуумна олива для паромасляних насосів (ВМ-1) / (Україна).- № 25302; заявл. 04.01.2002; опубл. 16.12.2002, Бюл. №12. - 4с.
8. Пат. 52024А, Україна, МПК⁷ C10M105/32. Холодильна олива (ХС-40) / (Україна). - № 25073; заявл. 04.01.2002; опубл. 16.12.2002, Бюл. №12. - 4с.
9. Дмитриченко Н.Ф. Исследование влияния газовых сред на смазочную способность минеральных масел, их противоизносного и демпфирующего действий в зацеплении зубьев зубчатых передач: дис. ... кан. техн. наук; 05.02.04 / Н.Ф. Дмитриченко. - Киев, КИИГА, 1980. – 260.
10. Черножуков Н.И. Технология переработки нефти и газа / Н.И. Черножуков; под ред. А.А. Гуреева, Б.И. Бондаренко. - Изд. 6. - М.: Химия, 1978. -Часть 3.- 424 с.
11. Wits Y. What of the years ahead / Y. Wist //Indust. Lubric and Tribol.- 1982. – V 34, №6. - P.216 – 233.
12. Кичкин Г.И. Масла для гидромеханических коробок передач/ Г.И. Кичкин, А.В. Виленкин. – М.: Химия, 1969. – 212 с.
13. Агаева Р.А. Смазочные свойства отдельных групп углеводородов и их композиций / Р.А. Агаева // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1967. - №1 – С. 8 - 13.
14. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества / А.А. Абрамзон. – Л.: Химия, 1981. – 304 с.
15. Оливи на рослинній основі для гідромеханічних та автоматичних коробок передач / Е.Г. Рудик, Р.Г. Мнацаканов, О.А. Міланенко, М.М. Дец // Матеріали V міжнародної науково-технічної конференції МВІА. – К., 2003. – С. 9-12.
16. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности / Ф.И. Абрамчук, А.П. Марченко, И.В. Разлейцев и др. – К.: Техника, 1992. – 272 с.
17. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам / А.М. Кулиев. - Л.: Химия, 1985. – 312 с.

18. *Marchenko A.P.* Alternative bioduel from rape oil derivatives / A.P. Marchenko, V.G. Semenov // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils.* - 2001. - Vol 37, №3. - P. 30-36.

19. *Витязь П.А.* Перспективные нанофазные материалы на основе ультрадисперсных алмазов / П.А. Витязь // *Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения.* – Новополоцк, 2001. – С.4-8.

20. *Витязь П.А.* Нанокристаллические алмазы и перспективы их использования/ П.А. Витязь // *Наноструктурные материалы: получения и свойства.* – Минск, 2000. – С. 8-20.

21. *Сакович Г.В.* Получение композиционных кластеров взрывом и их практическое использование / Г.В. Сакович, В.М. Брыляков, В.Д. Губаревич // *Журнал всеохв. общ.-ва им. Д.И.Менделеева.* – 1996. – Т.35, № 5. – С. 600-602.

22. *Соболев В.В.* Электронная структура фуллерита C60 / В.В. Соболев, Е.Л. Бысыгин // *Физика твердого тела.* – 1996. – Т. 41, № 6. – С. 365-375.

23. *Охлопкова А. А.* Физико - химические принципы создания триботехнических материалов на основе полимеров и ультрадисперсных керамик: дис....д-ра техн. наук / А.А. Охлопкова. – Якутск, 2000. – 254 с.

24. *Методология создания смазочных материалов с наномодификаторами / М. Лютый, Г.Я. Костюкович, А.А. Саскевич и др. // Трение и износ.* – 2002. – Т. 23, № 4. – С. 411-423.

LABRICATING OIL COMPONENTS AND FRACTION COMPOSITION INFLUENCE AT PHYSICAL AND CHEMICAL AND TRIBOTECNICAL INDEXES

O. Sushko

Summary

The article is devoted to application end operating properties of lubricating materials. The basic components of lubricating oils (basic oils, functional additives and anti - friction additives) have been considered as well as fraction composition influence at their physical and chemical and tribotecnical indexes