

$$J_{zc} = \frac{2,548 \cdot U_{zc}}{\rho \cdot d}, \quad (2)$$

де:  $d$  – діаметр дефекту ізоляції, м;  $\rho$  – електричний опір ґрунту, Ом·м.

Підставивши нормативні розміри дефекту, отримаємо значення густини струму. Зафіксовано показник сили струму натікання 3,88 А. Отже, за формулою (1) йому відповідатиме значення 6208 А/м<sup>2</sup>, а з урахуванням питомого опору ґрунту (див. табл.) отримаємо такі усереднені значення: для піщаних ґрунтів – 8,9 А/м<sup>2</sup>, для супісків – 22,5 А/м<sup>2</sup>, для суглинків – 65,4 А/м<sup>2</sup>, для глинистих ґрунтів – 159 А/м<sup>2</sup>, для чорноземів і торфовищ – 206 та 310 А/м<sup>2</sup>. Враховуючи, що нормативно допустима величина густини струму на дефекті становить 10 А/м<sup>2</sup>, можемо зробити висновок про значні ризики розвитку електрокорозії та пов'язаної з нею розгерметизації газопроводів низького і середнього тиску у більшості областей України. Отже, надалі потрібно продовжити системні дослідження електрокорозії матеріалу розподільчих газових мереж з метою запобігання позаштатним ситуаціям та втратам газу.

**Висновки.** Проведено моніторинг корозійних уражень розподільчих трубопроводів "Івано-Франківськгаз". Виявлено локальні корозійні ураження, які за формою і глибиною відповідають електрокорозійним. З'ясовано, що електрокорозія розподільчих газопроводів може бути зумовлена помилковим або навмисно неправильним підключенням електроприладів.

На малопотужних побутових приладах (газова плита з електрозапалом) зафіксовано натікаючі струми силою 3,88 А, що для різних типів ґрунтів відповідає густині струму від 8,9 до 310 А/м<sup>2</sup> і свідчить про високу небезпеку розвитку електрокорозійних процесів.

### Літератури

1. Джала Р.М. Електрохімічний захист підземного трубопроводу в зоні впливу електропередач / Р. Джала, Б. Вербенець, О. Винник, Ю. Гужов, Р. Савула // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. – В 2-х т. / Спец. вип. журналу "Фізико-хімічна механіка матеріалів". – № 8. – Львів : Вид-во ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України. – 2010. – Т. 2. – С. 498-503.
2. Michael Horton. "Corrosion effects of electrical grounding on water pipe". Corrosion 91 The NACE Annual Conference and Corrosion Show. – March 11-15 1991 Cincinnati, Ohio.
3. Григорьев О.А. Неисправности систем электроснабжения зданий ускоряют коррозию трубопроводов / О.А. Григорьев, В.С. Петухов, В.А. Соколов. – Житомир : Изд-во "Новости электротехники". – 2003. – № 4 (22). [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.tesla.ru/publications/files/018.pdf>.
4. Красник В.В. 102 способа хищения электроэнергии / В.В. Красник. – М. : Изд-во ЭНАС, 2010. – 160 с. – (Рынок электроэнергии).

Надійшла до редакції 30.03.2016 р.

### **Побережний Л.Я., Яворский А.В. Коррозия подземных газопроводов низкого давления под действием переменного тока**

При эксплуатации подземных газовых сетей низкого давления почти не уделяется внимание борьбе с электрокоррозией под действием переменного тока. При этом интенсивные коррозионные разрушения проходят в местах стока постоянного тока с внешней поверхности в электролит (почву или воду). Проведен мониторинг коррозионных поражений распределительных трубопроводов "Ивано-Франковскгаз". Виявлено локальные коррозионные поражения, по форме и глубине соответствуют электрокорозионным. Показано, что электрокоррозия распределительных газопроводов может быть обусловлена ошибочным или намеренно неправильным подключением электроприборов. Даже на

маломощных бытовых приборах зафиксированы натекающие токи силой около 4 А, что в зависимости от физико-химических свойств почвы соответствует плотности тока на дефекте от 8,9 до 310 А/м<sup>2</sup> при максимальном нормативном значении 10 А/м<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** распределительные газопроводы, электрокоррозия, разгерметизация трубопроводов, потери природного газа.

### **Poberezhny L.Ya., Yavorsky A.V. Corrosion of Underground Low Pressure Gas Pipelines under Alternate Current**

When operating underground gas networks of low pressure almost no attention is paid to the fight against electrocorrosion under AC. This intensive corrosion in places is draining DC external surface of the electrolyte (soil or water). A monitoring corrosion lesions distribution pipelines "Ivano-Frankivskgas" Local corrosion detected lesions that form and depth correspond to electrocorrosion damages. It is shown that electrocorrosion of distribution pipelines can be caused by erroneous or intentionally wrong connecting appliances. There stray current power even in low-power home appliances fixed at 4 A, depending on the physical and chemical properties of the soil meets the current density to defect from 8.9 to 310 A/m<sup>2</sup> at maximum standard value of 10 A/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** stray current, distribution pipelines electrocorrosion, decompression pipelines, natural gas leaks.

УДК 666.94:614.814

### **ВПЛИВ ГІДРОФОБНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**М.М. Гивлюд<sup>1</sup>, В.-П.О. Пархоменко<sup>2</sup>, І.В. Маргаль<sup>3</sup>**

Вивчено вплив силіційвмісних гідрофобізаторів на довговічність бетонних будівельних конструкцій, які експлуатуються в умовах високої вологості за рахунок гідрофобізації її поверхні поліметилфенілсилоксановим лаком КО-08. Встановлено вплив концентрації гідрофобізатора на глибину проникнення та доведено утворення міцного зв'язку з поверхнею бетону. Методами фізико-хімічного аналізу підтверджено можливість зниження водопоглинання бетону у 5-8 разів, що надалі призводить до підвищення його корозійної стійкості, а також встановлено оптимальну концентрацію гідрофобізатора (45 мас. %) для отримання задовільних показників водопоглинання та глибини його проникнення у бетон до 12 мм.

**Ключові слова:** бетон, водопоглинання, проникність, рельєф поверхні, довговічність.

**Постановка проблеми.** Бетонні конструкції завдяки значній відкритій пористості володіють високим показником водопоглинання, що призводить до зростання теплопровідності та зниження морозостійкості під час експлуатації у вологих умовах. Тому для збільшення довговічності експлуатації цих матеріалів на сьогодні використовують додаткове оброблення готових виробів та конструкції гідрофобізувальними речовинами або захисними покриттями. Гідрофобізувальні розчини можливо наносити на попередньо очищену висушену поверхню матеріалу розпиленням до повного її насичення. Але такий метод є технологічно складний та дороговартісний.

Найбільш надійним та універсальним засобом захисту будівельних конструкцій від дії агресивних зовнішніх середовищ є використання гідрофоб-

<sup>1</sup> проф. М.М. Гивлюд, д-р техн. наук –НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> ад'юнкт В.-П.О. Пархоменко – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;

<sup>3</sup> доц. І.В. Маргаль, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

них захисних покриттів. При цьому міцнісні властивості самого матеріалу повинні поєднуватися зі високими показниками водостійкості та експлуатаційними характеристиками самих покриттів. Конкуренція у галузі використання гідрофобних захисних покриттів спричинила пошук нових компонентних складів за допомогою сучасних методів досліджень, розширення асортименту та жорсткості умов експлуатації матеріалів, які потребують захисту. Відсутність таких технологій значно зменшує довговічність бетонних конструкцій в умовах дії агресивних атмосферних факторів.

**Аналіз останніх публікацій та досліджень.** Як гідрофобізатори на цей час використовують розчини на основі етилсиліконату натрію (ГКЖ-10), метилсиліконатів натрію та калію (ГКЖ-11, ГКЖ-11К), поліетилгідросилоксанів (ГКЖ-94), а також закордонні, що містять аналогічні силіційорганічні сполуки (Asolin – Ws, Аквастоп – К, Ceresit CO–81 та Типром М) [1, 2]. Глибина проникнення усіх гідрофобізаторів у силікатні матеріали практично не відрізняються, а водопоглинання виробів при цьому зменшується від 12,4 до 2,5 %. Але зважаючи на вартість закордонних гідрофобізаторів, яка у 2,5-20 разів перевищує вартість вітчизняних препаратів, можна стверджувати, що доцільніше використовувати ГКЖ-11 та ГКЖ-11К [3, 4]. Однак силіційорганічні солі натрію за тривалого контакту з водою та вуглецю (IV) оксиду під час процесу утворення гідрофобної плівки переходить у кристалогідрат (натрію карбонат з десятьма молекулами води), що створює внутрішній тиск на стінки капілярів бетону, внаслідок чого він руйнується. Метилсиліконат калію утворює кристалогідрат з двома молекулами води, який не руйнує, а тільки закупорює капіляри, сприяючи процесу гідрофобізації [5, 6].

Але досягнутий рівень гідрофобізувальних властивостей визначається властивостями вихідних компонентів, які є досить низькими відносно дії води. Тому для збільшення гідрофобних властивостей матеріалу потрібно вводити нові компоненти, які зможуть значно підвищити довговічність бетонних конструкцій.

**Мета роботи** – встановлення можливості використання гідрофобізаторів на основі полісилоксанових сполук як захисних покриттів.

**Результати дослідження.** Досліджено залежність водопоглинання бетону від концентрації поліметилфенілсилоксанового лаку КО-8 (ПМФС). Результати експерименту вказують на те, що водопоглинання бетону істотно зменшується (рис. 1). Так, мінімальне водопоглинання досягається за концентрації КО-8 45 мас.%, а далі частково зростає. Збільшення показника водопоглинання на 15-25 % можна пояснити тим фактом, що молекули гідрофобізатора, які знаходяться у надлишку, частково переорієнтовують водозахисну плівку та збільшують її змочуваність. Тому мінімальний показник водопоглинання бетону зі захисним водовідштовхувальним покриттям спостерігається за концентрації поліметилфенілсилоксану 45 мас.%.

Досліджено вплив концентрацій КО-8 на глибину його проникнення у бетон залежно від виду розчинника. Отримані результати (рис. 2) вказують, що зі збільшенням концентрації КО-8 його проникність зменшується незалежно від виду розчинника. Але глибина проникнення гідрофобізатора, в яких як розчинник використано толуол та ацетон, за однакових концентрацій поліметилфе-

нілсилоксану є різною. Ацетоновий розчин проникає на більшу глибину у середньому на 0,4-0,6 мм, однак цієї величини недостатньо для покриття витрат, пов'язаних з різницею вартостей розчинника.

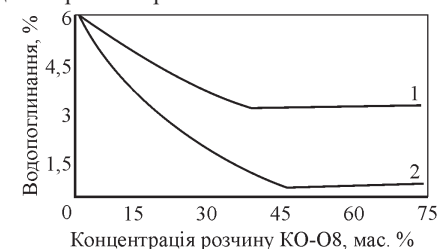


Рис. 1. Залежність водопоглинання бетону від концентрації після занурення у воду на 12 год (1) і на 24 год (2)

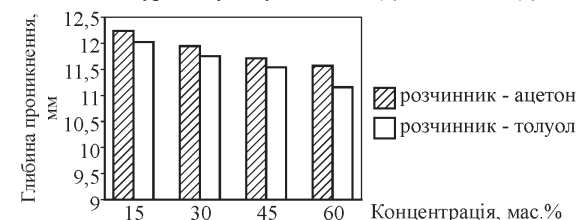


Рис. 2. Залежність глибини проникнення гідрофобізатора у бетон від концентрації КО-8

Для підтвердження хімічної взаємодії між гідрофобізувальним агентом та поверхнею матеріалу проведено порівняльні аналізи ІЧС для бетону обробленого і необробленого гідрофобізатором (рис. 3). Усі силікати поглинаються в області ІЧ-спектра в діапазоні 1100-900  $\text{cm}^{-1}$ , що проявляється у вигляді широкої, інтенсивної смуги в області 960, 1010, 1072, 1090, 1090  $\text{cm}^{-1}$  – для негідрофобізованого бетону та 900, 990, 1072, 1090  $\text{cm}^{-1}$  – для бетону, обробленого гідрофобізувальним розчином. В області 900-700  $\text{cm}^{-1}$  проявляються смуги поглинання, які відповідають груповим коливанням зв'язку Si – C (796 та 770  $\text{cm}^{-1}$ ).

Поглинання, пов'язане з коливаннями груп Si – O, проявляється в інтервалі частот 1140-1056  $\text{cm}^{-1}$  (смуги за 1072, 1088 та 1240  $\text{cm}^{-1}$  – для негідрофобізованого бетону, та 1072, 1090  $\text{cm}^{-1}$  – для гідрофобізованого) (див. рис. 3). Не виявлено поглинання гідроксильних груп, бо відсутні смуги в області валентних та деформаційних коливань молекули води за 1640 та 760  $\text{cm}^{-1}$ , а зв'язок Si – O в області поглинання 460-467  $\text{cm}^{-1}$  належить до гідрофобізатора. Наявність зв'язку – O – Si – Ca в області поглинання 392, 368, 300  $\text{cm}^{-1}$ , які відсутні в спектрі бетону, доводять відсутність припущення про наявність хімічної взаємодії між силікатною фазою та гідрофобізатором.

Під час оброблення поверхні матеріалу КО-8 гідрофобні поліметилфенілсилоксанові шари утворюються передусім завдяки процесу полімеризації (взаємодії гідрофобізатору з гідроксильними групами). Водовідштовхувальна плівка утворюється таким шляхом досить повільно, а саме протягом 24-48 год. При цьому потрібно, щоб під час процесу формування гідрофобної плівки по-

верхня матеріалу сильно не зволожувалась. Також треба зазначити, що утворена поліметилфенілсилоксанова плівка покриває усі частинки матеріалу, з якими контактував розчин гідрофобізатора, зв'язуючи їх між собою, що призводить, водночас, до деякого збільшення міцності обрамленого матеріалу.

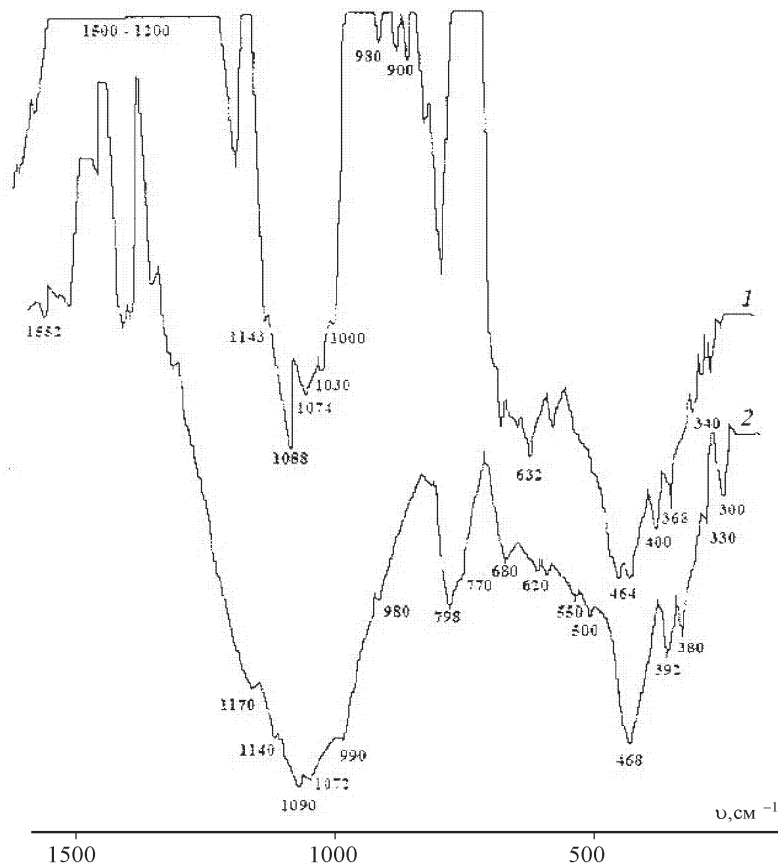
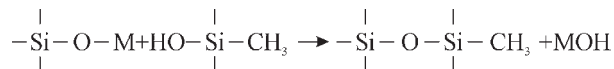


Рис. 3. ІЧ-спектри бетону негідрофобізованого (1) та покритого гідрофобізатором (2)

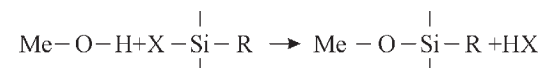
Завдяки наявності на поверхні груп Si – O – M (де M – Si, Mg, Ca, Al та ін.) утворюється хімічний зв'язок Si – O – Si між поверхнею матеріалу та гідрофобізатором за такою схемою:



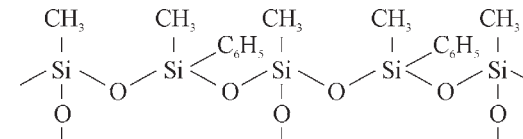
де M – Si, Mg, Ca, Al та ін.

Відомо, що поверхня бетонів за нормальних умов є гідратована, завдяки гідроксильним групам, хімічно зв'язаних з поверхневими атомами. Під час оброблення таких поверхонь силіційорганічними гідрофобізаторами КО-08, реак-

ційно здатні групи останніх можуть взаємодіяти з поверхневими групами – OH, утворюючи хімічно фіксовану плівку, яку схематично можна зобразити таким чином:



Суцільно гідрофобна плівка по усій поверхні матеріалу, який обробляється, утворюється за схемою



Також варто зазначити, що гідрофобність твердих поверхонь, оброблених гідрофобізатором, залежить від мікрорельєфу поверхні. Оскільки бетон є шорсткуватим, це дає змогу гідрофобізатору створити більш надійний захист (рис. 4).



Рис. 4. Структура контактної зони гідрофобізатор – бетон (1X100)

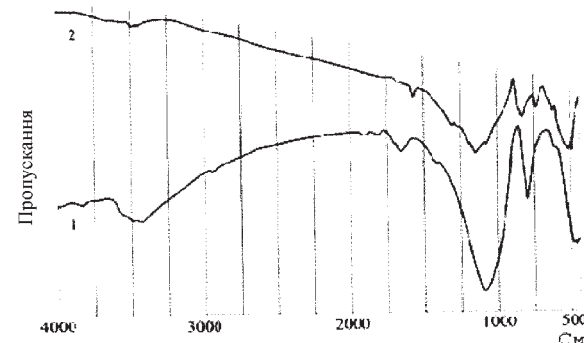


Рис. 5. ІЧ-спектри вихідного (1) та гідрофобізованого бетону (2)

Для прогнозування експлуатаційної надійності обробленого бетону вивчено вплив гідрофобізатора на процес взаємодії з основою. Оброблення бетону гідрофобізатором (поліметилфенілсилоксаном) характеризується незначним зміщенням частот смуги поглинання зв'язку Si – O – Si. Зміщення смуг поглинання OH-груп досягає до 40 см<sup>-1</sup> (рис. 5). При цьому інтенсивність відзначених смуг поглинання зменшується до рівня 32-71 %, порівняно з вихідним матеріалом.

**Висновок.** Проведеними дослідженнями вивчено механізм утворення та характер зв'язку гідрофобизатора з бетоном. Встановлено, що за нанесення покриттів з реакційноздатними групами відбувається значне зменшення інтенсивності смуг поглинання зв'язків Si – O – Si та OH-групи і їх зміщення, що підтверджує утворення нових зв'язків.

Експериментально встановлено оптимальну концентрацію гідрофобизатора (45 мас. %) для отримання задовільних показників водопоглинання та глибини його проникнення у бетон до 12 мм.

### Література

1. Піднебесний А.П. Новий гідроізоляційний матеріал на основі атмосферних полімерів / А.П. Піднебесний, Н.В. Савельєва та інші // Будівництво України : зб. наук. праць. – 2008. – № 5. – С. 30-32.
2. Добрянський І.М. Вплив кремнійорганічної добавки ГКЖ-94 на властивості бетону / І.М. Добрянський, І.І. Ніконець // Будівельні матеріали : зб. наук. праць. – 2001. – № 4. – С. 31-32.
3. Такеляк А. Методи знесолення кам'яних пам'яток / А. Такеляк // Будуємо інакше : зб. наук. праць. – 2002. – № 5. – С. 30-33.
4. Силоченко С.В. Изменение поврежденности цементного камня в условиях многократного увлажнения и высушивания / С.В. Силоченко, В.В. Выровой, А.В. Дорофеев // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. праць. – Одеса : Вид-во ОДАБіА. – 2005. – № 20. – С. 186-189.
5. Лучко Й.Й. Експериментальні дослідження вологості та засоленості бетону і цегляної кладки / Й.Й. Лучко, Б.В. Парнета та інші // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. праць. – Одеса : Вид-во ОДАБіА. – 2005. – № 20. – С. 185-186.
6. Лучко Й.Й. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та з/б конструкцій і споруд / Й.Й. Лучко, І.І. Глагова, Б.Л. Назарович. – Львів : Вид-во "Каменярь" 1999. – С. 10-20.

Надійшла до редакції 08.04.2016 р.

### *Гылюд М.М., Пархоменко В.-П.О., Маргаль И.В. Влияние гидрофобных защитных покрытий на долговечность бетонных конструкций*

Изучено влияние силицийсодержащих гидрофобизаторов на долговечность бетонных строительных конструкций, работающих в условиях высокой влажности за счет гидрофобизации ее поверхности полиметилфенилсилоксановым лаком КО -08. Установлено влияние концентрации гидрофобизатора на глубину его проникновения и доказано образование прочной связи с поверхностью бетона. Методами физико-химического анализа подтверждена возможность снижения водопоглощения бетона в 5-8 раз, что в дальнейшем приводит к повышению его коррозионной стойкости, а также установлена оптимальная концентрация гидрофобизатора для получения удовлетворительных показателей водопоглощения и глубины его проникновения в бетон до 12 мм.

**Ключевые слова:** бетон, водопоглощение, проникновение, рельеф поверхности, долговечность.

### *Hyvlyud M.M., Parkhomenko V.-P.O., Marhal I.V. The Effect of Hydrophobic Protective Coatings on Concrete Constructions Durability*

The influence of silicon containing repellents on the durability of concrete building structures operated in high humidity due to its hydrophobic surface polimetylphenylsiloksanovym lacquer KO-08 was studied. The influence of the concentration of repellents on penetration is defined. The formation of a strong link with the surface of the concrete is proved. Some methods of physical and chemical test showed that concrete can reduce water absorption in 5-8 times, which further leads to improving its corrosion resistance and setting optimal concentration repellents to get satisfactory performance of water absorption and depth of its penetration deep into the concrete up to 12 mm.

**Keywords:** concrete, water absorption, penetration, surface relief, durability.

### УДК 629.113

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН НЕРІВНОМІРНОСТІ РОБОТИ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ТЗОВ "ЛЬВІВСЬКЕ АТП 14631"

*М.В. Глобчак<sup>1</sup>, С.В. Нікіпчук<sup>2</sup>, Я.Я. Кайда<sup>3</sup>*

Розглянуто можливість покращення роботи ремонтної майстерні на основі аналізу статистичних даних відмов систем автобуса у кількісному і часовому вимірах.

За допомогою аналізу режимів роботи автобусів на маршруті Львів – Зелений Гай визначено найнавантажніші їх системи та місяці року, що, водночас, дало змогу передбачити пікові навантаження ремонтної майстерні ТзОВ "Львівське АТП-14631", потребу в конкретних запасних частинах та скоротити час простою автобусів при обслуговуванні та ремонті.

Для покращення якості ремонту транспортних засобів надано конкретні рекомендації керівництву ТзОВ "Львівське АТП-14631".

**Ключові слова:** експлуатаційна надійність, технічний стан, міжміський автобус, технічне обслуговування, ремонт.

**Постановка проблеми.** Підвищення надійності автомобілів і зниження витрат на їх утримання становлять одну з найскладніших проблем сучасних автотранспортних підприємств. Рішення цієї проблеми, з одного боку, забезпечує автомобільна промисловість завдяки випуску автомобілів нових конструкцій, що володіють більшою експлуатаційною надійністю і технологічністю (ремонтпридатністю), з іншого боку, – засобами технічної експлуатації внаслідок вдосконалення методів, підвищення продуктивності праці, зниження трудомісткості технічного обслуговування і ремонту, збільшення міжремонтних пробігів автомобілів та їх агрегатів. Підтримка ж надійності автомобілів у процесі експлуатації шляхом проведення своєчасного і високоякісного технічного обслуговування входить до компетенції автотранспортних підприємств.

Природно, що у міру експлуатації автомобіля його надійність зменшується. До експлуатаційних чинників надійності належать: режим роботи машини, характер чергування пусків і зупинок; робоча температура; умови експлуатації. Експлуатаційні чинники залежать від дорожніх, транспортних і кліматичних умов. Залежно від умов експлуатації змінюються швидкісні і навантажувальні режими деталей, механізмів і агрегатів автомобілів і термін їх безвідмовної роботи. Наприклад, на коротких маршрутах частіше користуються зчепленням, гальмами, перемикають передачі і зчеплення, внаслідок чого збільшується ймовірність їх відмов. Під час експлуатації автомобілів у важких дорожніх умовах збільшуються навантаження на деталі автомобіля, внаслідок чого деталі швидше спрацьовуються, настає втома металу, порушується стабільність кріплень і регулювань, а в деяких випадках трапляються поломки деталей трансмісії, ходової частини і кермового управління. Вібрація рами внаслідок нерівностей дороги послаблює заклепки з'єднання, порушує співвісність двигуна і коробки передач, тягне за собою додаткові навантаження у корпусах.

<sup>1</sup> доц. М.В. Глобчак, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> ст. викл. С.В. Нікіпчук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>3</sup> магістр Я.Я. Кайда – НУ "Львівська політехніка"