

АНОТАЦІЯ

Іванушко О.М. Підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів шляхом оптимізації періодичності технічного обслуговування. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 274 – Автомобільний транспорт. – Національний транспортний університет, Київ, 2020.

Витрати на підтримання в працездатному стані автотранспортного засобу можуть значно перевищувати вартість його самого. Вони залежать від умов експлуатації, що є індивідуальними для кожної одиниці рухомого складу, і носять випадковий характер.

Разом з тим, експлуатаційні витрати на рухомий склад не завжди повинні бути мінімальні. Так, якщо додаткові витрати дозволяють підвищити якість, безпеку або надійність використання транспортного засобу, то вони переходять в розряд інвестицій. В такому випадку необхідний обсяг експлуатаційних витрат повинен бути оптимальним.

Одним з важливих показників конкурентоспроможності автомобіля, у відповідності до стандарту ISO 9000, є відношення витрат на забезпечення працездатності за весь строк експлуатації до витрат на виробництво. Таким чином, витрати на експлуатацію прямо пропорційно впливають на ефективність використання транспортного засобу і на підприємницьку діяльність, де використовується автомобільний транспорт.

За підтримання в працездатному стані автотранспортних засобів відповідає система технічного обслуговування і ремонту. Більшість існуючих систем, з метою попередження виникнення відмов, передбачає виконання ТО по запланованому графіку і не враховує реальний технічний стан тих чи інших елементів конструкції автомобіля, коли ресурс певних елементів конструкції ще не вичерпано або коли вже виникла відмова, появу якої ця система повинна була попередити.

За результатами теоретичних досліджень було встановлено умови експлуатації, причини та фактори, що впливають на зміну технічного стану автомобіля. Це дало можливість узагальнити основні умови експлуатації, що безпосередньо впливають на надійність транспортного засобу і носять індивідуально-випадковий характер. Це ускладнює процес прогнозування залишкового ресурсу автомобіля, а також впливає на прогнозування моменту проведення наступного технічного впливу.

На основі цього були визначені напрям і мета дослідження, а також основні вимоги до розробленої методики аналітичних та експериментальних досліджень.

Спираючись на офіційну статистичну інформацію про обсяг перевезень в Україні, на теперішній час спостерігається збільшення обсягів перевезень продуктів харчування, товарів масового використання та будівельних матеріалів, сумішей і конструкцій. Для останніх використовуються дорожні транспортні засоби особливої конструкції, переважно самоскиди і автобетонозмішувачі.

З метою більш детального дослідження впливу умов експлуатації на зміну технічного стану спеціалізованих дорожніх транспортних засобів в даній роботі використовуються статистична інформація та дані для розрахунків отриманих на київському підприємстві ТОВ «Автобудкомплекс-К», що має зазначений рухомий склад і досвід його експлуатації.

За допомогою аналітичного, статистичного і експертного аналізу причин виникнення відмов визначено основні чинники та їхній розмір впливу на технічний стан транспортних засобів. Це дало можливість розробити методику коригування періодичності проведення технічних обслуговувань, з метою попередження виникнення відмов під час експлуатації і зменшення їхнього негативного впливу на виконання транспортного процесу.

Періодичність проведення технічного обслуговування не повинна бути постійною величиною, тому що в різний момент часу автомобіль по різному експлуатується і його технічний стан змінюється не рівномірно.

Для перевірки адекватності запропонованої методики розроблено математичну модель, яка на основі статистичних даних генерує випадкові транспортні процеси і інтенсивність виникнення відмов, враховуючи які визначався коригуючий коефіцієнт періодичності технічного обслуговування на прикладі автомобілів сімейства КамАЗ 53229 і DAF 85 CF-380 в специфікації самоскид і міксер.

На основі проведеної однокритеріальної оптимізації було встановлено, що для гарантованого запобігання більшості відмов, періодичність технічного обслуговування має бути скорочена для самоскидів КамАЗ на 40,9 % і DAF – 34,4 %, для міксерів КамАЗ на 41,9 %, а DAF – 36,2 %, що загалом дозволить попередити приблизно 96,5 % відмов. Решта відмов мають випадковий характер, що ускладнює своєчасне їх виявлення та попередження.

У зв'язку з різними конструкційними особливостями автомобілів, їхніх умов експлуатації та систем підтримки у працездатному стані, виникає потреба в об'єктивному визначенні рівня ефективності їхнього використання. Для цього розроблено методику порівняльного аналізу та імітаційну математичну модель для моделювання їздового циклу автомобілів, що дозволяють оцінити ефективність використання різних конструкцій автомобілів в однакових умовах, без впливу випадкових зовнішніх або внутрішніх факторів.

За результатами дисертаційної роботи встановлено наступне.

1. Офіційно діюча в Україні система технічного обслуговування є застарілою і неефективно використовує ресурси, необхідні для підтримання в працездатному стані автотранспортних засобів, особливо іноземного виробництва; не регламентуються періоди діагностування автотранспортних засобів, що не дозволяє реалізувати стратегію виконання технічних впливів за станом, а відмови попереджаються за рахунок передчасного вилучення або відновлення технічного стану певних елементів конструкції автотранспортних засобів без досягнення ними допустимого граничного стану, що є неефективним використанням ресурсів.

2. Для реальних умов експлуатації автотранспортних засобів визначено

основні чинники, що впливають на їхній технічний стан.

3. Для автомобілів КамАЗ і DAF практично всі ключові системи мають реальний ресурс менший від очікуваного. Так, для автомобілів КамАЗ зниження очікуваного напрацювання, в залежності від системи, знаходиться в межах 2,2...7,9 % для самоскидів і 2,1...7,1 % для міксерів, а для автомобілів сімейства DAF – 0,4...10,7 % і 0,4...14,6 % відповідно.

4. Обґрунтовано вибір параметрів, які комплексно враховують вплив основних експлуатаційних умов на технічний стан автотранспортних засобів, відносно яких було розроблено методику коригування періодичності технічного обслуговування, яка враховує конструкційні особливості транспортного засобу через коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$, умови його утримання через ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ та умови експлуатації через коефіцієнт потенційного використання $K_{ПВ}$.

5. Розроблено імітаційну математичну модель і на її основі методику для коригування періодичності технічного впливу, адекватність якої доведено експериментально. Дана методика дозволила попередити більшість відмов (52,9 %), при цьому відбулося скорочення періодичності обслуговування автомобілів в середньому для самоскидів КамАЗ на 11,16 %, DAF – 9,25 %; для міксерів КамАЗ – 13,50 %, DAF – 10,88 %. Дане коригування дозволило зменшити простої автомобілів в ремонті для самоскидів КамАЗ на 36,9 % і DAF на 54,1 %, а для міксерів на 56,3 % і 85,2 % відповідно. Економічний ефект від впровадження методики, яка має сенс для автомобілів сімейства DAF виражається в зменшенні собівартості перевезень через зменшення витрат на ТО і Р та втрат від простоїв в них, що загалом складає для одного самоскида в 14,39 тис.грн./рік, а для міксера – 17,71 тис.грн./рік.

Наукова новизна одержаних результатів.

Обґрунтовано вибір параметрів, які комплексно враховують вплив основних експлуатаційних чинників на технічний стан автотранспортних засобів, зокрема конструкційних особливостей, що виражені через коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$, умов утримання – через ймовірність безвідмовної

роботи $P(t)$ і умов експлуатації – через коефіцієнт потенційного використання $K_{ПВ}$. На їх основі розроблено методику для коригування періодичності ТО.

За даною методикою встановлено, що з урахуванням економічної доцільності виконання коригування періодичності ТО на прикладі автомобілів КамАЗ (а також автомобілів вітчизняного виробництва і виробництва Росії та Білорусії) недоцільно, а для автомобілів європейського виробництва (DAF, MAN, Volvo) – навпаки. В той же час, при максимальному попередженні відмов (близько 96,5 %) суттєво збільшуються собівартість перевезень із-за збільшення витрати на утримання АТЗ, що вказує на відсутність або несуттєву доцільність таких заходів.

Практичне значення одержаних результатів.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблені методики визначення ефективності використання автотранспортних засобів на основі техніко-експлуатаційних показників, а також рекомендації по вибору оптимальної конструкції автотранспортного засобу відносно умов експлуатації, щоб підвищити ефективність його використання.

Розроблено методику пошуку оптимальної конструкції автотранспортного засобу, яка базується на відношенні витрат ресурсів на його утримання і використання за призначенням до загально-можливого обсягу виконаної ним роботи за певних умов експлуатації.

Результати дослідження впроваджені на підприємстві: ПП АП «СІМЕКС» (м. Київ), ТзОВ «ЗІМС» (м. Луцьк) та в навчальному процесі Національного транспортного університету (м. Київ) при підготовці фахівців спеціальності 274 «Автомобільний транспорт».

Ключові слова: технічний стан, умови експлуатації, коригування, періодичність, технічне обслуговування, попередження відмов, ефективність використання, автотранспортний засіб.

Список публікацій здобувача.

Публікації у наукових фахових виданнях України.

1. Сахно В.П., Іванушко О.М. Вплив умов експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту на технічний стан автотранспортних засобів. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2017. Вип. 1 (37), С. 363-372.

2. Сахно В.П., Іванушко О.М. До аналізу методів визначення періодичності виконання технічних впливів. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2017. Вип. 3 (39), С. 53-65.

3. Сахно В.П., Біліченко В.В., Іванушко О.М. Визначення вагових коефіцієнтів для побудови математичної моделі коректування періодичності проведення технічного обслуговування і ремонту. *Вісник машинобудування та транспорту*. В.: ВНТУ, 2017. Вип. 2 (6), С. 141-149.

4. Сахно В.П., Іванушко О.М. Експертний аналіз причин зміни технічного стану автотранспортних засобів. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2018. Вип. 1 (40), С. 274-284.

5. Іванушко О.М. Порівняння експлуатаційних показників якості автотранспортних засобів. *Вісник Житомирського державного технічного університету. Серія «Технічні науки»*. Ж.: ЖДТУ, 2018. Вип. 2 (82), С. 53-62.

6. Сахно В.П., Іванушко О.М. Коректування періодичності технічного обслуговування автотранспортних засобів з метою попередження більшості відмов. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2019. Вип. 1 (43) – С. 167-177.

Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав.

7. Сахно В.П., Іванушко О.М. Обґрунтування та вибір критеріїв до моделювання раціональних режимів технічного обслуговування і ремонту. *Systemy i srodki transportu samochodnego. Seria: Transport*. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2017. Nr.8, С. 35-44.

8. Ivanushko O. Optimization of the frequency of vehicle maintenance to prevent the majority of technical failures. *Systemy i srodki transportu samochodnego. Seria: Transport*. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2019. Nr.18, С. 23-31.

Публікації апробаційного характеру.

9. Сахно В.П., Іванушко О.М. Умови експлуатації автотранспортних засобів та основні фактори, що впливають на їх технічний стан. *Матеріали LXXIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2017. ст. 70.

10. Сахно В.П., Іванушко О.М. Обґрунтування методу коректування періодичності виконання технічних впливів. *Матеріали LXXIV наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2018, ст. 69.

11. Іванушко О.М. Експертний аналіз причин зміни технічного стану дорожніх транспортних засобів. *Ювілейна LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Том 2*. К.: НТУ, 2019, С. 81-82.

ABSTRACT

Ivanushko O.M. Improving the efficiency of operation of vehicles by optimizing the frequency of maintenance. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining the Philosophy Doctor in the specialty 274 – Automobile transport. – National Transport University, Kyiv, 2020.

The cost of maintaining a motor vehicle in working condition can significantly exceed its cost. They depend on the operating conditions, which are individual for each unit of rolling stock, and are random in nature.

However, operating costs for rolling stock should not always be minimal. If the additional costs can improve the quality, safety or reliability of the use of the vehicle, then they go into the category of investment. In this case, the necessary amount of operating costs should be optimal.

One of the important indicators of the competitiveness of the car, in accordance with the ISO 9000 standard, is the ratio of the cost of ensuring the work capacity for the entire period of operation to the cost of production. Thus, the cost of operation is directly proportional to the effectiveness of the use of the vehicle and business activities that use road transport.

For maintenance of the operational condition of the vehicles corresponds to the system maintenance and repair. Most of the existing systems, in order to prevent the occurrence of failures, envisage the implementation of maintenance according to the planned schedule and do not take into account the actual technical condition of certain structural elements of the car, when the resource of certain structural elements is not yet exhausted or when a failure has occurred the appearance of which this system should have warned.

According to the results of theoretical studies were established operating conditions, causes and factors affecting the change in the technical condition of the car. This made it possible to summarize the basic operating conditions that directly affect the reliability of the vehicle and are individually-random in nature. This complicates the process of predicting the residual life of the car, and also affects the

prediction of the outset of the next technical impact.

Based on this, the direction and purpose of the research were determined, as well as the basic requirements for the developed methodology of analytical and experimental research.

Based on official statistical information on the volume of traffic in Ukraine, currently there is an increase in the volume of transportation of food, mass-use goods and building materials, mixtures and structures. For the latter, road vehicles of special construction, mainly dump trucks and mixer trucks are used.

For the purpose of a more detailed study of the influence of operating conditions on the change in the technical condition of specialized vehicles, this work uses statistical information and data for calculations obtained at the Kiev enterprise Avtobudkompleks-K LLC, which has the specified rolling stock and experience in its operation.

With the help of analytical, statistical and expert analysis of the causes of occurrence failures, the main factors and their size of influence on the technical condition of vehicles were determined. This allowed us to develop a methodology for adjusting the frequency of maintenance, in order to prevent the occurrence of failures during operation and reduce their negative impact on the performance of the transport process.

The frequency of maintenance should not be constant, since at a different point in time the car is operated differently and its technical condition does not change evenly.

To check the adequacy of the proposed methodology, a mathematical model was developed. It based on statistical data generates random transport processes and failure rates, taking into account which the maintenance frequency correction coefficient was determined using the example of KAMAZ and DAF vehicles in the dump truck and mixer specifications.

Based on the one-criteria optimization, it was found that to ensure the prevention of most failures, the frequency of maintenance should be reduced for KAMAZ dump trucks 40.9%, DAF –34.4%, for KAMAZ mixers 41.9%, and DAF – 36.2% , which will prevent approximately 96.5% of failures. The rest of the failures

are random, which complicates their timely detection and prevention.

In connection with the various structural features of cars, their operating conditions and support systems in working condition, there is a need to objectively determine the level of efficiency of their use. For this purpose, a comparative analysis technique and a simulation mathematical model have been developed to simulate the driving cycle of using cars, allowing to evaluate the efficiency of using different constructionscars under the same conditions, without the influence of random external or internal factors.

According to the results of the dissertation, the following was established.

1. The officially operating in Ukraine system of maintenance is outdated and inefficiently uses the resources needed to maintain the operational status of motor vehicles, especially foreign ones. The periods of diagnosing vehicles are not regulated, it does not allow implementing the strategy of performing technical impacts by condition. And the failures is prevented due to the premature removal or restoration of the technical condition of certain elements of the construction of vehicles without reaching the permissible limit state, which is an inefficient use of resources.

2. For the real conditions for the operation of vehicles and identified the main factors and the quantitative size of their influence on the technical condition.

3. For KAMAZ and DAF vehicles almost all main systems have a real resource less than expected. For KAMAZ, the decrease in expected operating time, depending on the system, is in the range of 2.2 ... 7.9% for dump trucks and 2.1 ... 7.1% for mixers, and for DAF – 0.4 ... 10.7% and 0.4 ... 14.6%, respectively.

4. Substantiated choice of parameters that comprehensively take into account the influence of the main operating conditions on the technical condition of vehicles for which a method of adjusting the frequency of maintenance was developed, which takes into account the structural characteristics of the vehicle through the coefficient of technical use K_{TU} , maintenance conditions through the probability of failure-free operation $P(t)$ and operating conditions through the coefficient of potential use of K_{PU} .

5. Developed simulation mathematical model and, on its basis, a technique for

correcting the technical frequency, the adequacy of which was proved experimentally. This technique allowed to prevent the majority of failures (52.9%), while there was a reduction in the frequency of cars maintenance on average for dump trucks KAMAZ 11.16%, DAF – 9.25%; for mixers KAMAZ – 13.50%, DAF – 10.88%. This adjustment make it possible to reduce repair downtime for dump trucks KAMAZ by 36.9% and DAF by 54.1%, and for mixers by 56.3% and 85.2%, respectively. The economic effect of the introduction of the methodology, which makes sense for DAF, is expressed in the reduction in the cost of transportation by reducing the costs of maintenance and repairing, and the losses from downtime in them, which in general amounts to 14.39 thousand UAH/year for one dump truck, and for mixer – 17.71 thousand UAH/year.

Scientific novelty of the results.

Justified the choice of parameters that comprehensively take into account the influence of the main operational factors on the technical condition of vehicles, including features expressed through the coefficient of technical use of K_{TU} , conditions of detention – because of the probability of failure-free operation $P(t)$ and operating conditions – through the coefficient of potential use, is justified K_{PU} . Based on them, a technique has been developed to adjust the frequency of maintenance.

According to this methodology, it was found that, taking into account the economic feasibility of adjust the frequency of maintenance on the example of KamAZ vehicles (as well as cars of domestic production and production of Russia and Belarus), are inexpedient, and vice versa for European-made vehicles (DAF, MAN, Volvo). At the same time, with the maximum prevention of failures (about 96.5%), the cost of transportation increases significantly due to an increase in the cost of maintaining vehicles, which indicates the absence or insignificant expediency of such measures.

The practical value of the obtained results.

On the basis of theoretical and experimental studies, methods have been developed for determining the efficiency of using vehicles on the basis of technical and operational indicators, as well as recommendations for choosing the optimal design of a vehicle relative to operating conditions in order to increase its efficiency.

A technique has been developed to search for the optimal design of a motor vehicle, based on the ratio of the cost of resources for its maintenance and its intended use to the general educational level of the possible amount of work performed by it under certain operating conditions.

The results of the research were implemented at the enterprise PE AP «SIMEKS» (Kyiv), LLC «ZIMS» (Lutsk) and in the educational process of the National Transport University (Kyiv) during the training of specialists in the specialty 274 «Automobile transport».

Key words: Technical condition, Operating conditions, Correction periodic maintenance, Failures prevention, Efficiency of the use of a vehicle.

List of the applicant publications.

Publications in scientific journals of Ukraine.

1. Sahno V.P., Ivanushko A.N. Influence of operating conditions and systems maintenance and repair on the technical state of motor vehicles. *Visnyk National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection*. Kyiv. National Transport University, 2017. Issue 1 (37), pp. 363-372.

2. Sahno V.P., Ivanushko A.N. Analysis for the determination of the periodicity performance of technical influence. *Visnyk National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection*. Kyiv. National Transport University, 2017. Issue 3 (39), pp. 53-65.

3. Sahno V.P., Bilichenko V.V., Ivanushko O.M. Definition of weighted coefficients for building mathematical model of correction periodicity of maintenance and repair. *Visnyk of Mechanical Engineering and Transport*. Vinnytsia. Vinnytsia National Technical University, 2017. Issue 2(6), pp. 141-149.

4. Sakhno V.P., Ivanushko A.N. Expert analysis of causes change of technical state of automotive vehicles. *Visnyk National Transport University. Series «Technicals sciences»*. *Scientific and Technical Collection*. Kyiv: National Transport University, 2018. Issue 1 (40), pp. 274-284.

5. Ivanushko O.M. Comparison of the performance indicators of the quality of vehicles. *Visnyk Zhytomyr State Technological University*. Zhytomyr: Zhytomyr State Technological University, 2018. Issue 2 (82), pp. 53-62.

6. Sakhno V.P., Ivanushko A.N. Correcting periodicity of maintenance of motor vehicles with the purpose of preventing the majority of failures. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection*. Kyiv: National Transport University, 2019. Issue 1 (43), pp. 167-177.

Publications in scientific journals of foreign states.

7. Sakhno V.P., Ivanushko A.N. Rationale and selection of criteria to modeling rational mode of maintenance and repair. *Systemy i srodki transportu samochodnogo. Seria: Transport*. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2017. Nr.8, pp. 35-44.

8. Ivanushko O. Optimization of the frequency of vehicle maintenance to prevent the majority of technical failures. *Systemy i srodki transportu samochodnogo. Seria: Transport*. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2019. Nr.18, pp. 23-31.

Publications of approbation character.

9. Sakhno V.P., Ivanushko O.M. The conditions of operation of vehicles and the main factors affecting their technical condition. *Materials of LXXIII scientific conference of faculty members, post-graduate students, students and employees of separate structural units of the university*. Kyiv.: NTU, 2017, p. 70.

10. Sakhno V.P., Ivanushko O.M. Justification of the method for correcting the frequency of technical impacts. *Materials of LXXIV scientific conference of faculty members, post-graduate students, students and employees of separate structural units of the university*. Kyiv.: NTU, 2018, p. 69.

11. Ivanushko O.M. Expert analysis of the causes of changes in the technical condition of road vehicles. *Materials of LXXV scientific conference of faculty members, post-graduate students, students and employees of separate structural units of the university. Ch.2*. Kyiv.: NTU, 2019, pp. 81-82.