

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ІВАНУШКО ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 629.017:629.083

ДИСЕРТАЦІЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ
ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 274 – АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ
ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ: ТРАНСПОРТ

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело

О.М. Іванушко

Науковий керівник

Сахно Володимир Прохорович
доктор технічних наук, професор

Київ – 2020

АНОТАЦІЯ

Іванушко О.М. Підвищення ефективності експлуатації автотransпортних 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 автотransпортного 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 автотransпортних 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 $K_{ЛВ}$. 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 виборі 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, C. 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, 2019.

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 onset 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 of 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 is 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 constructions cars 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 «Technical 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. Sahno 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. Sahno 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. Sahno 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.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	18
ВСТУП.....	19
Розділ 1 АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АТЗ ТА ВПЛИВ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ НА ЇХ ТЕХНІЧНИЙ СТАН.....	25
1.1 Умови експлуатації АТЗ та основні чинники, що їх характеризують.....	25
1.2 Система технічного обслуговування та ремонту АТЗ.....	38
1.2.1 Розвиток системи технічного обслуговування і ремонту в Україні.....	38
1.2.2 Характеристика існуючих систем технічного обслуговування і ремонту АТЗ.....	41
1.2.3 Характеристика методів удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту.....	49
1.2.4 Характеристика методів визначення періодичності виконання технічного обслуговування (технічних впливів).....	54
1.3 Висновки до розділу 1.....	68
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ....	70
2.1 Вплив періодичності ТО і Р на технічний стан АТЗ.....	70
2.2 Вибір параметрів для коригування періодичності ТО.....	80
2.3 Визначення вагових коефіцієнтів для коригування періодичності проведення ТО.....	88
2.3.1 Вибір і обґрунтування методу експертних оцінок.....	89

2.3.2	Визначення вагових коефіцієнтів для коригування періодичності проведення ТО методом аналітичних записок.....	92
2.4	Висновки до розділу 2.....	99
РОЗДІЛ 3	ВПЛИВ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТО НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АТЗ.....	102
3.1	Статистична обробка результатів дослідження ресурсу автотранспортних засобів.....	102
3.2	Коректування періодичності ТО.....	109
3.3	Оптимізація періодичності ТО.....	112
3.4	Ефективність використання АТЗ.....	119
3.5	Вплив періодичності ТО на використання АТЗ.....	141
3.6	Висновки до розділу 3.....	146
РОЗДІЛ 4	ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АТЗ НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	148
4.1	Моделювання руху для визначення показників тягово-швидкісних властивостей АТЗ.....	148
4.2	Моделювання руху для визначення показників паливної економічності АТЗ.....	157
4.3	Моделювання їздового циклу на основі реального маршруту.....	162
4.4	Експериментальні дослідження АТЗ.....	164
4.5	Основні заходи щодо покращення ефективності експлуатації АТЗ.....	171
4.6	Оцінка економічної доцільності від впровадження методики коригування періодичності ТО.....	177
4.7	Висновки до розділу 4.....	180
	ВИСНОВКИ.....	182
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	184
	ДОДАТОК А.....	197

ДОДАТОК Б.....	198
ДОДАТОК В.....	202
ДОДАТОК Г.....	212
ДОДАТОК Д.....	223
ДОДАТОК Е.....	225
ДОДАТОК Ж.....	231
ДОДАТОК К.....	233
ДОДАТОК Л.....	236

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

GPS	Global Positioning System (Глобальна система позиціонування)
АТ	Автомобільний транспорт
АТЗ	Автотранспортний засіб
АТП	Автотранспортне підприємство
ВТБ	Виробничо-технічна база
ДТЗ	Дорожній транспортний засіб
ЗЧ	Запасні частини
КР	Капітальний ремонт
КТЗ	Колісний транспортний засіб
ППР	Планово-попереджувальний ремонт
ПР	Поточний ремонт
РОД	Ремонто-обслуговуючі дії
РС	Рухомий склад
СО	Сезонне технічне обслуговування
СТО	Станція технічного обслуговування
ТЗ	Транспортний засіб
ТО і Р	Технічне обслуговування і ремонту
ТС	Технічний стан
ЩД	Щоденний догляд
ЩО	Щоденне технічне обслуговування

ВСТУП

Актуальність теми. Автомобільний транспорт (АТ) – найпопулярніший транспорт в світі, що використовується в різних галузях промисловості і господарювання. Його широке використання обумовлене універсальністю та мобільністю рухомого складу (РС), а також широко розвинутою інфраструктурою.

У той же час АТ потребує значних фінансових та матеріальних ресурсів на підтримання його у працездатному стані, а також на можливість його використання. Ці витрати, протягом усього життєвого циклу, можуть в рази перевищувати вартість транспортного засобу (ТЗ) і суттєво впливають на собівартість перевезень.

Одним з важливих показників конкурентоспроможності автомобіля, у відповідності до стандарту ISO 9000, є відношення витрат на забезпечення працездатності за весь термін експлуатації до витрат на виробництво. Таким чином, витрати на експлуатацію РС прямопропорційно впливають на його ефективність використання і на підприємницьку діяльність, де задіяний автомобільний транспорт.

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

За підтримання в працездатному стані автотransпортних засобів (АТЗ) відповідає система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). На даний час, офіційно в Україні, ще досі діє «Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» 1998 р. (далі «Положення – 98»), що передбачає систему планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Ця система, з метою попередження виникнення відмов, передбачає виконання ТО по запланованому графіку, з визначеною наперед

періодичністю – пробігом. Система ППР не завжди передбачає раціональні періоди проведення ТО, особливо це стосується сучасних автомобілів, коли ресурс певних елементів конструкції ще не вичерпано, або коли вже виникла відмова, появу якої ця система повинна була попередити.

Окрім «Положення – 98», автотранспортні і автосервісні підприємства користуються нормативами ТО заводів виробників, що представлені в сервісних книжках або у спеціальних сервісних бюлетенях до АТЗ. Але ці нормативи, особливо для автомобілів іноземного виробництва, не повністю відповідають умовам експлуатації, що склалися на території України і тому не можуть, у повній мірі, запобігти виникненню відмов та забезпечити достатній рівень надійності. Це пов'язано з відсутністю випробувань АТЗ і не повного врахування особливостей їхнього використання (стан доріг, якість пального) та експлуатації (кваліфікація експлуатаційного і обслуговуючого персоналу) в умовах України.

В той же час, «Положення – 98» дає право автотранспортним та обслуговуючо-ремонтним підприємствам самостійно коригувати періоди проведення ТО, а також коригувати їхній обсяг робіт, враховуючи дорожні, природно-кліматичні умови експлуатації та конструкційні особливості АТЗ. Подібне коригування, як правило, базується на досвіді ремонтно-експлуатаційного персоналу і не має наукового обґрунтування. Хоча, потрібно визнати, що потреба у прогнозуванні програми ТО і Р конче необхідна для вибору оснащення виробничо-технічної бази (ВТБ), забезпечення необхідної кількості ремонтно-обслуговуючого персоналу і кількості необхідних запасних частин (ЗЧ).

За такої організації системи ТО і Р виникають проблеми, пов'язані з нераціональним використанням ресурсів як самих АТЗ і їх компонентів, так і на підтримання їх в працездатному стані. Все це суттєво впливає на ефективність використання АТ. Дане судження знайшло підтвердження в роботах українських і закордонних вчених Ф.М. Авдонькіна, В.Я. Аніловича, І.М. Арініна, О.В. Бажинова, Н.А. Волошиної, М.Я. Говорущенка,

О.П. Кравченка, Є.С. Кузнєцова, І.П. Курнікова, О.С. Полянського,
С.В. Репіна, К.Л. Слітнікова, С.О. Сметани, О.В. Степанова,
Є.Ю. Формальчика та ін.

На теперішній час визріла потреба в науково-обґрунтованому підході до визначення оптимальної періодичності виконання ТО, що дозволить забезпечити оптимальні витрати на підтримання в працездатному стані АТЗ із заданим рівнем надійності і безвідмовності, тим самим, дозволить підвищити його ефективність.

У великих містах АТ переважно використовується для доставки продуктів харчування, товарів масового використання та будівельних сумішей, матеріалів і конструкцій. Згідно даних Державної служби статистики України за 2017 і 2018 роки збільшився обсяг перевезених вантажів, серед яких: цемент, вапно та суміші гіпсові на 17,0 %, готові будівельні матеріали і вироби на 7,0%, конструкції і вироби будівельні на 4,8 % [1].

Автотранспортні засоби, що використовуються для подібних перевезень, мають специфічну конструкцію і умови експлуатації, що впливають на їх технічний стан. До таких ТЗ, зокрема, відносяться автомобілі самоскиди та автобетонозмішувачі (міксери). З метою більш детального дослідження впливу умов експлуатації на зміну технічного стану ТЗ у даній роботі будуть використовуватися статистична інформація та дані для розрахунків, отриманих на київському підприємстві ТОВ «Автобудкомплекс-К», що входить до Промислово-будівельної групи «Ковальська» і має відповідний рухомий склад загальною кількістю понад 600 одиниць і досвід його експлуатації. З них 190 одиниць приймали участь в дослідженні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно з планами науково-дослідних робіт НТУ в рамках наукової теми кафедри «Підвищення ефективності роботи підприємств автомобільного транспорту шляхом удосконалення виробничих процесів, систем технічного обслуговування та покращення експлуатаційних характеристик дорожніх транспортних засобів» (№ держ. реєстрації 0114U000120).

Мета та завдання досліджень.

Мета роботи – підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів шляхом оптимізації періодичності технічного обслуговування.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати умови експлуатації АТЗ в Україні та визначити основні чинники, що впливають на їх технічний стан (ТС).
2. Проаналізувати існуючі системи і методи проведення ТО та законодавчо-нормативну документацію для обґрунтування шляхів удосконалення системи підтримки АТЗ в працездатному стані.
3. Дослідити характер та причини виникнення відмов на АТ.
4. Розробити методику попередження виникнення відмов шляхом оперативного коригування періодичності ТО.
5. Провести експериментальне дослідження розробленої методики попередження відмов АТЗ та визначити її ефективність.
6. Розробити практичні рекомендації по підвищенню ефективності використання АТЗ та впровадження результатів дослідження.

Об'єкт досліджень –система ТО і Р, а також умови експлуатації АТЗ.

Предмет досліджень – вплив періодичності ТО та умов експлуатації на ефективність використання АТЗ.

Методи дослідження. В роботі використані: аналітичний метод при дослідженні систем ТО і Р; метод експертного аналізу при дослідженні умов експлуатації АТ для визначення чинників, що впливають на ТС; метод статистичного аналізу потоку відмов спеціалізованих автомобілів КрАЗ, КамАЗ, МАЗ, DAF, MAN і Volvo в специфікаціях самоскид і міксер; метод імітаційного математичного моделювання для визначення ефективності використання різних автомобілів для виконання певного виду транспортної роботи на основі експериментальних даних; розрахунковий метод показників роботи і наробітку на відмову АТЗ; розрахунковий метод коефіцієнтів для коригування періодичності ТО, що попереджає велику частину відмов.

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».

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які викладені в дисертації і подані до захисту, отримано здобувачем самостійно. Роботи [2, 3,

4, 5, 6, 7, 8, 10, 12] виконані у співавторстві, а роботи [9, 11, 13] – одноосібно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: аналіз чинників умов експлуатації та системи ТО і Р, що впливають на ТС автомобіля [2, 3], аналіз методів визначення періодичності виконання ТО АТЗ [4], постановка задачі і обґрунтування критеріїв для моделювання потреби виконання технічних впливів [5] обґрунтування основних умов експлуатації АТЗ, що впливають на його ТС та розрахунок вагових коефіцієнтів їхнього впливу [6], розрахунок причин зміни ТС АТЗ за допомогою методу експертних оцінок [7], обґрунтування методу коригування періодичності ТО [8], розрахунок експлуатаційних показників якості АТЗ при порівняльному аналізі [10], а також розрахунок скорегованої періодичності ТО для автомобілів DAF і КамАЗ з метою запобігання більшості відмов [12].

Апробація результатів дисертації. Теоретичні, методичні та практичні положення дисертаційної роботи представлені у вигляді тез на LXXIII, LXXIV, LXXV всеукраїнських наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, НТУ, 2017, 2018 і 2019 роки, м. Київ, та доповідей на 17-й міжнародній науково-технічній конференції «Наука – образованию, производству, экономике», БНТУ, 2019, м. Мінськ, а також на XXX Міжнародній науково-технічній конференції SAKON, 2019, м. Жешув.

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 11 наукових працях, з яких 6 статей опублікованих у фахових виданнях України, з них одна – одноосібно, 2 статті в іноземному періодичному виданні, а також 3-х тезах науково-технічних конференцій.

Структура й обсяг роботи. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 240 сторінки, включаючи 156 сторінок основного тексту, 36 таблиць, 28 рисунків, список використаних джерел зі 128 найменувань та 9 додатків.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АТЗ ТА ВПЛИВ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ НА ЇХ ТЕХНІЧНИЙ СТАН

1.1 Умови експлуатації АТЗ та основні чинники, що їх характеризують

Автомобільний транспорт – галузь транспорту, яка забезпечує задоволення потреб населення та суспільного виробництва у перевезеннях пасажирів та вантажів автомобільними транспортними засобами [14].

Перевагами автомобільного транспорту є його мобільність, можливість доставлення вантажів без пере-завантажування. Крім переваг, автомобільний транспорт має ряд недоліків. Основний з них – висока собівартість перевезень [15].

Собівартість перевезень (робіт, послуг) – це виражені у грошовій формі поточні витрати транспортних підприємств, безпосередньо пов'язані з підготовкою і здійсненням вантажоперевезень, а також виконанням робіт та послуг, які забезпечують перевезення (послуги з ремонту рухомого складу, послуги навантаження-розвантаження тощо) [16].

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

Визначимо умови експлуатації, причини та фактори, що впливають на зміну технічного стану АТЗ. Але попередньо внесемо уточнення, що всі назви або аббревіатури, які по суті означають автотransпортний засіб, такі як колісний транспортний засіб (КТЗ) або дорожній транспортний засіб (ДТЗ), що зустрічаються в посиланнях використаних літературних джерел, з метою збереження сенсу і запобігання виникнення непорозумінь, будемо називати АТЗ.

Авдонькін Ф.М. вважає, що ТЗ експлуатується в заданих умовах

(дорожні, кліматичні, вид вантажу, відстань перевезень, простій під завантаженням і розвантаженням) зі змінними режимами роботи [17]. На його думку, на технічний стан ТЗ в цілому впливає знос. Умови експлуатації становлять сталу величину, а режими роботи – є величиною керованою, за допомогою якої можна впливати на знос, а отже і на технічний стан.

Денисов І.В. у роботі [18] розглядає керовані і не керовані фактори, що впливають на технічний стан. І основним керованим фактором він визначає організацію робіт з ТО і Р.

Говорущенко М.Я. визначає чотири умови експлуатації [19]:

дорожні умови – характеризуються поздовжнім профілем, висотою над рівнем моря, шириною проїжджої частини, типом і станом покриття, зчепленням коліс з дорогою;

транспортні умови – вид вантажу, що перевозиться, густина потоку, режим руху, швидкість руху;

атмосферно-кліматичні – температура повітря, тиск, вологість, опади, видимість;

культура експлуатації – рівень організації робіт і управління, кваліфікація і старанність водія, виконання правил і інструкцій, матеріально-технічна база, якість експлуатаційних матеріалів.

Подібну класифікацію умов експлуатації дає Форнальчик Є.Ю. разом з авторським колективом [20].

Основним залежним параметром від умов експлуатації в роботах [17, 18, 19, 20] вважається швидкість руху автомобіля.

Кузнецов Є.С. розглядає умови експлуатації з точки зору їхнього впливу на конструктивні параметри ТЗ і його ТС [21]:

- навантаженість елементів,
- взаємне переміщення елементів,
- дія теплової і електричної енергії,
- дія хімічно активних елементів,
- дія оточуючого середовища (волога, вітер, температура, сонячна радіація),

- дія оператора та ін.

Все це призводить до зношування, корозії, втомленого руйнування, пластичної деформації, температурних руйнувань і змін, старіння та ін. [21].

В той же час Кузнєцов Є.С. поділяє чинники, що впливають на ТС АТЗ, на об'єктивні (що діють на всі автомобілі) та суб'єктивні (що діють на конкретний автомобіль).

До об'єктивних умов експлуатації належать [21]:

- тип, модель, марка автомобіля,
- вік автомобілів і парків,
- розмір і оснащення автотранспортного підприємства,
- тип дорожнього покриття,
- рельєф місцевості,
- умови руху,
- природо-кліматичні і сезонні умови.

До суб'єктивних умов експлуатації належать [21]:

- конкретні умови перевезень автомобілем, групою автомобілів (відстань, швидкість, навантаження, вид перевезень та ін.),
- кваліфікація водія, стиль водіння,
- кваліфікація спеціалістів і ремонтного персоналу,
- якість ТО і ремонту,
- якість застосовуваних матеріалів і запасних частин,
- методи зберігання автомобілів та ін.

Подібну класифікацію чинників представляє Хасанов Р.Х. Умови та особливості експлуатації він поділяє на наступні групи [22]:

- тип, модель, марка автомобіля,
- вік автомобіля,
- розмір та оснащення автотранспортного або автосервісного підприємства, де експлуатується або обслуговується автомобіль,
- дорожні умови, що характеризуються:

- типом і якістю дорожнього покриття,
- рельєфом і зміною радіуса заокруглень дорожнього полотна дороги,
- наявністю дорожніх споруд,
- умовами руху,
- Природно кліматичні і сезонні умови, що характеризуються:
 - температурою оточуючого повітря,
 - вологістю,
 - навантаженням від вітру,
 - рівнем сонячної радіації,
 - кількістю опадів,
- конкретні умови перевезень, що характеризуються:
 - відстанню,
 - швидкістю,
 - навантаженням,
 - видом перевезень,
- кваліфікація водія і стиль водіння,
- кваліфікація спеціалістів та ремонтного персоналу,
- якість ТО і Р,
- якість застосованих матеріалів і запасних частин,
- методи зберігання автомобіля.

Представлені чинники Кузнецов Є.С. та Хасанов Р.Х. розглядають як такі, що впливають на виникнення відмов автомобіля, або такі, що мають вплив на обсяг робіт під час ремонту.

Чабанний В.Я. з колективом визначають наступні умови, що значно впливають на зношування деталей і вузлів автомобіля [23]:

- температура навколишнього повітря,
- якість застосовуваного палива й мастильних матеріалів,
- стан дорожнього полотна,

- рівномірність навантаження в процесі роботи,
- своєчасність і якість виконання технічного обслуговування й експлуатаційних ремонтів.

Крім того, вони визначають фактори, які впливають на технічний стан, до яких відносять [23]:

конструктивні фактори – визначаються формами й розмірами деталей (від них залежать тиск на поверхню деталі, концентрація напружень, ударна міцність і міцність від стомлення металу); жорсткістю конструкції, тобто властивістю деталей, особливо базових та основних, мало деформуватися під дією навантажень, що сприймаються; точністю взаємного розміщення поверхонь та осей спільно працюючих деталей; правильним вибором посадок, які забезпечують надійну роботу спряжень та ін.;

технологічні фактори – залежать від якості матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей, застосування відповідної термічної обробки їх та складальних робіт (центрування, співвісності, регулювання зазорів, якості кріплення) та ін.;

експлуатаційні фактори – залежать від дорожніх, транспортних і кліматичних умов. Вони найбільше впливають на технічний стан автомобілів. Дорожні умови характеризуються типом, станом і міцністю покриттів, поздовжнім профілем дороги, режимом руху, видимістю тощо. Кліматичні умови в різні періоди року визначаються температурою і вологістю повітря, атмосферним тиском, кількістю опадів, силою і напрямком вітру, тривалістю снігового покриву та ін. Транспортні умови охоплюють обсяг і відстань перевезень, умови завантаження і розвантаження, особливості організації перевезень, умови зберігання, обслуговування та ремонту автомобілів.

Подібну концепцію розглядає у своїй роботі [24] Лисий О.В. Згідно його припущення фактори поділяються на дві групи: конструктивно-виробничі, що визначають початкову якість ТЗ, і експлуатаційні фактори, що визначають зміну технічного стану в процесі експлуатації. До першої групи відносяться: вибір схемних і конструктивних рішень; вибір елементів і матеріалів;

технологія виготовлення деталей та вузлів, складання і випробування автомобілів; якість виробництва, характеристики поточного і вихідного контролю.

До другої групи належать експлуатаційні фактори, які можуть бути як суб'єктивними, так і об'єктивними. Суб'єктивні фактори пов'язані з впливом обслуговуючого персоналу і можуть сприяти як підвищенню, так і зниженню надійності проведених робіт з технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р). До них відносяться: вибір правильних режимів експлуатації автомобілів, їх ТО і Р, кваліфікація обслуговуючого персоналу і якість його роботи.

В той же час, для нормування умов експлуатації, з метою забезпечення безпеки використання ТЗ, в Україні діють «Правила експлуатації транспортних засобів», згідно яких встановлено, що нормальні умови експлуатації це [25]:

- дорожньо-кліматичні умови центральної й північної зони України,
- дороги міст та міжміського сполучення I, II та III категорії конструкції за ДБН В.2.3–4–2007 (оновлена версія ДБН В.2.3–4:2015) та ДБН В.2.3–5–2001 (оновлена версія ДБН В.2.3–5:2017) й технічного стану за ДСТУ 3587-97,
- тип дорожнього покриття – асфальтобетон,
- співвідношення величин пробігу АТЗ у місті та пробігу поза містом становить 2:3,
- застосування, технічне обслуговування й ремонт АТЗ здійснюють за вимогами їхнього виробника й нормативних документів,
- інтенсивність експлуатації за місячним пробігом не менше: вантажних АТЗ (бортові, автомобілі-тягачі, причепи та напівпричепи) у внутрішньому сполученні – 3000 км/місяць, вантажних АТЗ (бортові, автомобілі-тягачі, причепи та напівпричепи) у міжнародному сполученні – 6300 км/місяць, вантажопасажирських АТЗ – 2700 км/місяць,
- щомісячний коефіцієнт використання вантажності АТЗ:

$k_b = (0,5 \dots 0,7)$ – для вантажних автомобілів, причепів та напівпричепів, $k_b = (0,6 \dots 0,8)$ – для вантажопасажирських автомобілів, $k_b = (0,7 \dots 0,95)$ – для автомобілів-самоскидів,

- щомісячний коефіцієнт використання пробігу: $k_{пр} = (0,5 \dots 0,7)$ – для вантажних автомобілів, $k_{пр} = (0,4 \dots 0,48)$ – для автомобілів-самоскидів, $k_{пр} = (0,8 \dots 1,0)$ – для вантажопасажирських автомобілів,
- ступінь хімічного забруднення – I.

Узагальнюючи все вище сказане, можна прийти до висновку, що до умов які впливають на ТС АТЗ, належать (див. рис. 1.1):

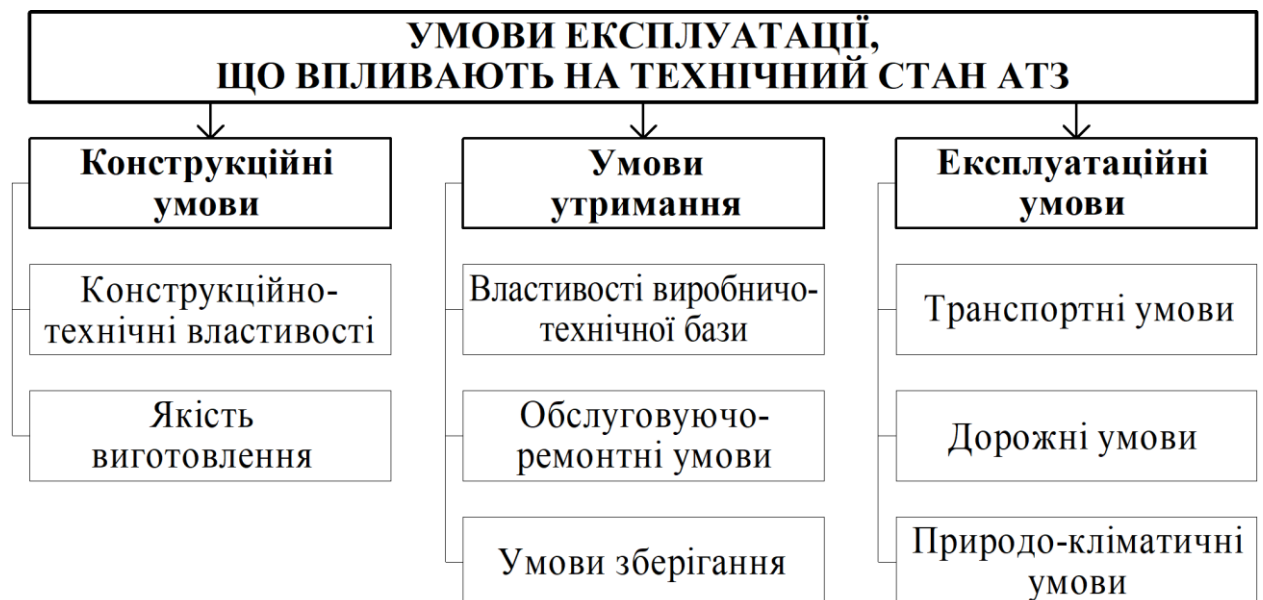


Рисунок 1.1 – Умови експлуатації, що впливають на ТС АТЗ

Конструктивні умови складаються з конструкційно-технічних властивостей ТЗ (тип, компоновка, пристосованість до умов експлуатації) і його якості виготовлення;

Умови утримання складаються з характеристики ВТБ експлуатаційно-обслуговуючого підприємства (спосіб виконання ТО і Р, придатність і досконалість обладнання), обслуговуючо-експлуатаційні умови (обрана система ТО і Р, кваліфікація обслуговуючо-експлуатаційного персоналу,

якість виконання ТО і Р, якість використовуваних ЗЧ і експлуатаційних матеріалів) та умов зберігання (відкриті або закриті стоянки та ін.);

Експлуатаційні умови складаються з транспортних умов (вид вантажу, довжина рейсу, швидкість та умови завантаження і розвантаження), дорожніх умов (тип, стан і рельєф використовуваних доріг, режим руху, видимість дороги) та природно-кліматичних умов (тривалість періодів року, середня температура, тиск і вологість повітря, кількість опадів).

Враховуючи все вище сказане, можна зробити припущення, що АТЗ в довільний момент часу експлуатуються за випадкових умов, які не враховують (або не можуть врахувати) індивідуальні чинники, що впливають на ТС АТЗ. За таких умов можна вважати, що автомобіль використовується не у визначених умовах і потребує специфічних підходів до організації ТО і Р крім тих, що передбачені виробником та нормативними документами.

Автовиробники розробляють рекомендації і нормативи по виконанню ТО з метою підтримання в працездатному стані ТЗ для кожної моделі.

Проаналізуємо нормативну інформацію по режимам виконання ТО, що викладена в сервісних книжках та на офіційних сайтах виробників або їхніх сервісних партнерів, для того щоб визначити основні чинники, які враховують автовиробники, для забезпечення працездатного ТС своїх автомобілів.

Для автомобілів КрАЗ з колісною формулою 6х4 передбачено виконання трьох-режимного обслуговування, що складається з ТО-1 з періодичністю 5000 км (або 250 мото-год.) та ТО-2 з періодичністю 20000 км (або 1000 мото-год.), які доповнені сезонним технічним обслуговуванням (СО) весною і осінню [26].

АвтоКрАЗ визначає періодичність ТО в кілометрах пробігу і мото-годинах роботи, що досить актуально для будівельної та спеціалізованої техніки, коли час роботи двигуна, механізму відбору потужності та інших систем суттєво перевищує час перебування автомобіля в русі. Періодичність ТО виробник дозволяє змінювати в залежності від умов експлуатації, які в сервісних документах не уточнюються. Але у сервісній документації є

посилання на діючі нормативні акти, тобто на «Положення – 98», яке в свою чергу, посилається на ГОСТ 21624-81 «Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности изделий» (що вже не діє в Україні), в якому передбачено 5 умов експлуатації. Кожна з наведених умов характеризується зоною експлуатації: типом дорожнього покриття і рельєфом місцевості. Ці категорії визначають значення коректуючих коефіцієнтів періодичності ТО, що змінюються в межах від 0,6 до 1,0 [27].

Для автомобілів КамАЗ з колісною формулою 6х4 передбачено виконання ТО в початковий (обкатка) і основний період експлуатації. В основний період передбачено виконання ТО-1 з періодичністю 6000 – 10000 км (або 150 – 250 мото-год.) та ТО-2 з періодичністю 18000 – 30000 км (або 450 – 750 мото-год.). Разом з тим сервісна документація передбачає обов'язковість виконання щоденного технічного обслуговування (ЩО) і ТО, що виконується один раз на рік восени [28]. Тобто реалізована чотирьох-режимна система ТО і Р.

Допустимий автовиробником діапазон зміни періодичностей обслуговування в межах 40 % залежить від категорій умов експлуатації, що в свою чергу базується на «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» 1984 року (далі «Положення – 84»), що діяло і в Україні до 1994 року. Згідно цього положення, періодичність ТО залежить від умов експлуатації, що характеризуються зонами руху (використання ТЗ в межах міської, приміській та заміській зоні), покриттям доріг і рельєфом місцевості [28].

По суті, це ті ж самі категорії умов експлуатації, що визначає ГОСТ 21624-81 разом з коректуючими коефіцієнтами.

Для автомобілів МАЗ з колісною формулою 6х4 та приводом відбору потужності передбачено виконання ТО-1 з періодичністю 4800 – 8000 км та ТО-2 з періодичністю 14400 – 24000 км, а також для окремої групи автомобілів самоскидів виконуються ТО-1 з періодичністю 2400 – 4000 км та ТО-2 з

періодичністю 9600 – 16000 км. [29]. Як і для автомобілів КамАЗ, МАЗ використовує чотирьох-режимну систему, що складається з ТО-1 і ТО-2, ЩО і СО.

Аналогічно до АвтоКраз, Мінський автомобільний завод опирається на ГОСТ 21624-81 для коригування періодичності ТО, що може бути зменшена на 40 %.

Імпортні виробники вантажних автомобілів мають досить різноманітні варіанти системи ТО і Р, а також методик коригування періодичності обслуговування.

Так, для автомобілів Mercedes-Bens діють індивідуальні фіксовані періоди технічного обслуговування для кожної моделі. Для моделей Atego і Ахор, що використовуються для створення спеціалізованої техніки, передбачено одно-режимну систему ТО, яка регламентує виконання однакового переліку робіт з періодичністю 30000 км для автомобілів до 1 вересня 2016 р., і 50000 км після 1 вересня 2016 р. разом з обов'язковим проведенням діагностичних робіт по виявленню несправностей [30]. Можливість коригування періодичності ТО сервісною документацією не передбачено, проте, якщо використовувати фірмову систему моніторингу, телематики і мультимедіа Mercedes Command (або аналогічні їй UMT і Traffic Service, що пропонуються в Україні), тоді на основі збираної інформації про роботу ТЗ вона може визначити, на її думку, оптимальну періодичність ТО.

Для автомобілів самоскидів MAN також передбачена одно-режимна система ТО з періодичністю 40000 км або 1 раз на рік від дня продажу автомобіля [31]. Можливості коригування періодичності ТО – не передбачено, але використання систем моніторингу автомобіля дозволяє визначати момент виконання ТО за потребою.

На автомобілях DAF використовується двох-режимна система ТО, яка складається з технічного обслуговування Service X та Service Y. Періодичність обслуговування Service X визначається для конкретних умов експлуатації автомобіля, а Service Y – виконується щорічно без врахування пробігу з

моменту продажу автомобіля [32]. Інженери DAF розробили методику визначення періодичності ТО Service X, що залежить від умов експлуатації (табл. 1.1) та рівня сірки що міститься в пальному (табл. 1.2).

Таблиця 1.1 – Характеристика умов експлуатації автомобілів DAF [32].

Група умов експлуатації	Середня витрата пального, л/100км	Умови роботи
I	>60	Експлуатація на ґрунтових дорогах; Експлуатація в умовах запиленості; Автомобіля для вивозу сміття; Автомобілі для перевезення вантажів на великі відстані з пробігом до 30000 км.
II	>40 та ≤60	Експлуатація в населених пунктах; Перевезення між сусідніми містами та селами; Автомобіля для вивозу сміття; Автомобілі для перевезення вантажів на великі відстані з пробігом до 30000 км.
III	≤40	Перевезення на великі і дуже великі відстані.

Таблиця 1.2 – Види та періодичність ТО для автомобілів DAF [32].

Вид технічного обслуговування	Група умов експлуатації	Періодичність ТО, що залежить від місткості сірки в пальному, км			
		≤ 0,005 %	≤ 0,05 %	≤ 0,5 %	> 0,5 %
Service X	I	30000	20000	10000	5000
	II	40000	30000	15000	7500
	III	70000	50000	20000	10000
Service Y	—	Щорічне технічне обслуговування, що виконується раз на рік без врахування пробігу (періодичність – через 1 рік від моменту прийому-передачі автомобіля замовнику)			

SCANIA застосовує адаптовану систему ТО S-M-S-L [33]. Система враховує індивідуальні умови експлуатації і передбачає виконання стандартних і додаткових ТО. До стандартних відносяться:

- TO-R – виконується через 20000 км пробігу або через 6 тижнів після поставки автомобіля замовнику і передбачає роботи в період обкатки;
- TO-S (Small) – мале базове ТО, виконується через 30000 – 90000 км пробігу;
- TO-M (Medium) – розширене ТО, виконується через 60000 – 180000 км пробігу;
- TO-L (Large) – технічно обслуговування, що включає роботи TO-S і TO-M, виконується через 120000 – 360000 км пробігу.

Додаткові ТО виконуються в залежності від типу автомобіля і передбаченої для нього сервісної програми. Їхня характеристика приведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Види та періодичність додаткових ТО для автомобілів SCANIA [33].

Вид технічного обслуговування	Періодичність виконання, км	Призначення
ТО-X	виконується між TO-S, TO-M і TO-L	додаткове ТО, що включає, в основному, додаткове змащування шасі.
ТО-XO	виконується між TO-S, TO-M і TO-L	додаткове то, що включає TO-X, а також заміну оливи в двигуні.
ТО плюс	виконується між TO-S, TO-M і TO-L	включає пункти обслуговування, які входять в екологічну концепцію Ecolution by Scania.
Профілактична заміна	—	Заміна елементів через заплановані інтервали

Періодичність виконання основних ТО автомобілів SCANIA залежить від умов експлуатації, що діляться на 6 груп, та характеризуються: середньою витратою палива на 100 км пробігу, режимом руху, відносним часом роботи приводу відбору потужності, повною масою автомобіля, а також середньої швидкості руху [33].

На підставі наведеного вище, можна зробити висновок, що автомобілі,

які були вироблені в Україні, Росії та Білорусії мають подібну систему ТО і Р. Це пояснюється дією, в певних межах, однакових нормативних документів, зокрема «Положення – 84» і ГОСТ 21624-81. Для автомобілів іноземного виробництва використовуються різні за принципом і структурою системи ТО і Р.

Кожен автовиробник визначає власні нормативи періодичності ТО і методики їх коригування. Але за основні чинники, які вони враховують при коригуванні, приймаються:

- технічна категорія доріг – це залежність від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху [34], впливає на режим руху і середню технічну швидкість;

- рельєф місцевості характеризується перепадом висот і впливає на режим руху і середню технічну швидкість;

- тип та стан дорожнього покриття впливає на режим руху, середню технічну швидкість і на амплітуду зміни динамічних навантажень, що діють на конструкцію автомобіля;

- зона експлуатації (міська, приміська, за міська) впливає на режим руху і середню технічну швидкість;

- середня технічна швидкість автомобіля залежить від умов експлуатації і зокрема впливає на залишковий ресурс двигуна і трансмісії [35] і середній рівень витрати пального;

- час перебування в роботі дозволяє врахувати період використання автомобіля, зокрема приводу відбору потужності, і разом з середньою технічною швидкістю визначає довжину рейсу, що впливає на періодичності ТО (це підтверджено в роботі [15]);

- якість пального характеризується місткістю сірки, яка впливає на швидкість спрацювання моторної оливи;

- коефіцієнт використання вантажопідйомності загалом впливає на середній рівень витрати пального і на величину статичного і динамічного навантаження, що діють на конструкцію автомобіля, так при їх збільшенні – зменшується ресурс автомобіля і виникає потреба у зменшенні періодичності

виконання ТО (це підтверджено в роботі [36]);

– як об'єктивний показник умов експлуатації і кваліфікації водія є середня витрата пального на 100 км пробігу, що разом з показником якості пального впливає на швидкість спрацювання моторного мастила.

Дані показники є об'єктивними, оскільки вони найбільш тісно пов'язані з умовами експлуатації ТЗ, а отже мають найбільший вплив на ТС автомобіля. Але в зв'язку з різними конструкціями АТЗ, умовами їх утримання та експлуатації виникає широкий діапазон розподілу даних показників, що ускладнює подальше їх врахування для коригування періодичності ТО. Тому виникає потреба у комплексній їх оцінці.

1.2 Система технічного обслуговування та ремонту АТЗ

1.2.1 Розвиток системи технічного обслуговування і ремонту в Україні

Система технічного обслуговування і ремонту техніки – це сукупність взаємопов'язаних засобів, документації технічного обслуговування і ремонту і виконавців, що потрібні для підтримки і відновлення якості виробів, що входять в цю систему [37].

Незалежній Україні у спадок від Радянського Союзу дісталася планово-попереджувальна система ТО і Р АТЗ. До її появи, з 1926 р. існували відповідні «Інструкції», які регламентували особливості виконання ТО і Р автомобільної техніки [20].

На зміну інструкціям в 1943 р. прийшло «Положение о профилактическом обслуживании автомобилей». В ньому вперше були прийняті принципи планово-попереджувальної системи забезпечення працездатності. Цим документом введена трьох-ступенева система ТО: ЩД – щоденний догляд, ТО-1 (300 ... 500 км), ТО-2 (1500 ... 2500 км) [15].

Після «Положення» 1943 р. приймалися інші, що відповідали

тогочасним вимогам і принципам розвитку автотранспорту.

Останнім нормативним документом, що був прийнятий в СРСР, стало «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» 1984 р. (далі «Положення – 84») разом з його доопрацьованими і доповненими редакціями 1986 і 1987 років. Воно ввібрало в себе основні принципи планово-попереджувальної системи разом з передовими, для того часу, методами коректування нормативів і періодів ТО і Р. «Положення – 84» мало такі ж види ТО, які були введені попередніми положеннями, а саме – ЩО, ТО-1 і ТО-2, СО, а також передбачало два види ремонту – КР (капітальний ремонт) і ПР (поточний ремонт).

У 1994 р., вже в Незалежній Україні, було прийнято «Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту» (далі «Положення – 94»). Це положення передбачало альтернативу періодичності ТО за пробігом АТЗ у вигляді періодичності кількості спаленого палива [20].

До нього вказувалося на необхідність регламентування низки робіт з ПР для попередження відмов автомобілів, які впливають на безпеку руху або дають значні збитки при їх виникненні. У ньому частину робіт з ПР незначної трудомісткості пропонувалось суміщати з проведенням відповідних ТО (супутніх ПР). А решта робіт з ПР, які стосувались підтримання справного стану кузовів, кабін, повинні виконуватись у вигляді самостійного комплексу 2-3 рази за термін служби автомобіля [20].

«Положення – 94» вказувало також, що заводи-виробники самі встановлюють періодичність і перелік профілактичних впливів, виходячи з результатів випробувань і досвіду експлуатації своїх моделей. Крім цього, вказувалось, що процеси втрати працездатності автомобіля прискорюються або сповільнюються залежно від кількості транспортної роботи, яку вони виконують. Ця робота може виконуватися лише, очевидно, за рахунок витраченого відповідного обсягу палива [20].

Не зважаючи на досить логічні і об'єктивні принципи побудови системи ТО і Р, «Положення – 94» замінили на «Положення про технічне

обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» 1998 р., що діє ще й досі. Воно передбачає наступні технічні впливи (ТВ):

- технічне обслуговування в період обкатки,
- щоденне обслуговування (ЩО),
- перше технічне обслуговування (ТО-1),
- друге технічне обслуговування (ТО-2),
- сезонне технічне обслуговування (СО),
- поточний ремонт (ПР),
- капітальний ремонт (КР),
- технічне обслуговування під час консервації АТЗ,
- технічне обслуговування та ремонт АТЗ на лінії [38].

«Положення – 98» також визначає, що:

- ТО повинні виконуватися у планово-обов'язковому порядку, включаючи визначений цим положенням та інструкціями виробників перелік обов'язкових робіт,
- ПР виконується за потребою, згідно з результатами діагностування технічного стану АТЗ, або за наявності несправностей і призначений для забезпечення або відновлення його роботоздатності [38].

Технічне обслуговування рекомендується виконувати згідно даних наведених в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Періодичність ТО дорожніх транспортних засобів [38].

Тип АТЗ	Періодичність, видів технічного обслуговування, км		
	ЩО	ТО-1	ТО-2
Автомобілі легкові, автобуси	Один раз на робочу добу незалежно від кількості робочих змін	5000	20000
Автомобілі вантажні, автобуси на базі вантажних автомобілів або з використанням їх базових агрегатів, автомобілі повнопривідні, причепи і напівпричепи		4000	16000

Наведена у таблиці 1.4 періодичність технічного обслуговування, може бути зменшена власником дорожньо-транспортного засобу до 20% у залежності від умов експлуатації АТЗ [38].

«Положення – 98» за своїм принципом подібне до «Положення – 84» і актуальне тільки для автомобілів вітчизняного виробництва або виробництва країн колишнього СРСР, що були випущені в ті роки. У ньому відсутня інформація про види, режими і нормативи діагностування, пробіги до капітального ремонту, методику коректування режимів, що є досить необхідним для підтримання працездатного стану АТЗ і визначення оптимальних технічних впливів. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що діюча система ТО і Р є застарілою і не може забезпечити достатній рівень надійності і працездатності сучасних АТЗ. Крім рекомендацій виробників, на теперішній час, інших раціональних методів визначення періодів і обсягів ТО не передбачається.

1.2.2 Характеристика існуючих систем технічного обслуговування і ремонту АТЗ

Для забезпечення достатнього рівня надійності та безвідмовності автомобілів під час роботи, для мінімізації витрат для підтримання їх в працездатному стані, а також для забезпечення максимальної ефективності їх використання виникає потреба в розробці системи ТО і Р, яка в повній мірі дозволить досягти поставлених цілей. Тут поняття «система» вбирає як сукупність фізичних елементів, так і відповідних дій (робіт та операцій), які виконуються за відповідними правилами (періодичністю) із конкретною метою [7]. ТО служить для підтримки технічно справного стану техніки, а ремонт – відновлення цього стану [24].

Основні принципи діючої в Україні системи ТО і Р викладені в «Положенні – 98» і були розглянуті в попередньому пункті 1.2.1. Схематично, діюча система ТО і Р представлена на рисунку 1.2.

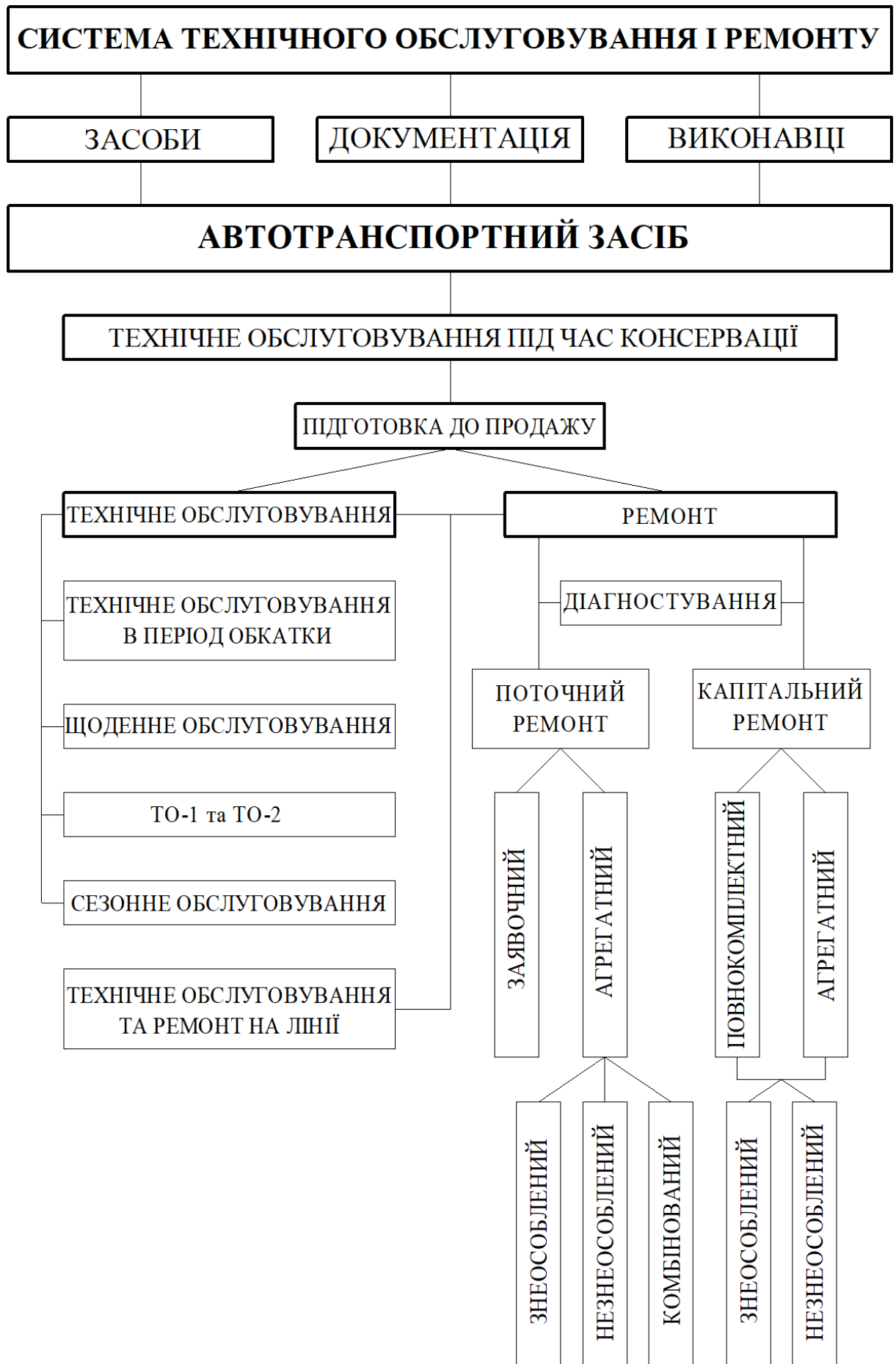


Рисунок 1.2 – Схема діючої в Україні системи ТО і Р

Дано характеристику технічним впливам, що передбачені «Положенням – 98», з метою підтримання відповідного рівня працездатності, дорожньої і екологічної безпеки.

Технічне обслуговування під час консервації (при зберіганні) – технічне обслуговування при підготовці до зберігання, зберіганні, а також безпосередньо після його закінчення [37]. Порядок технічного обслуговування під час зберігання в законсервованому стані викладений у «Рекомендаціях по обслуживанию автомобильного транспорта, находящегося на консервации, и технологии снятия его с хранения» (К.: Мінтранс, 1993) [38].

Підготовка до продажу – комплекс операцій чи операція щодо виявлення та усунення усіх несправностей, які виникли в процесі транспортування і зберігання АТЗ та підготовки їх до використання. Підготовка до продажу здійснюється торговельною організацією з метою уведення АТЗ в експлуатацію. Вона виконується на спеціалізованих пунктах чи підприємствах, які реалізують продукцію та здійснюють фірмове обслуговування. У разі відсутності сервісного обслуговування підготовку АТЗ до експлуатації здійснює покупець [38].

Технічне обслуговування (ТО) – комплекс операцій чи операція щодо підтримки роботоздатності або справності виробу під час використання за призначенням, зберігання та транспортування [38].

В свою чергу ТО поділяється на:

технічне обслуговування в період обкатки (перелік та обсяг робіт технічного обслуговування в період обкатки АТЗ встановлюється виробником і наводиться у сервісній документації);

щоденне обслуговування (проводиться після роботи з метою підготовки АТЗ до подальшої експлуатації і передбачає: перевірку технічного стану; виконання робіт щодо підтримування належного зовнішнього вигляду; заправлення експлуатаційними рідинами; усунення виявлених несправностей; санітарну обробку АТЗ);

ТО-1 та ТО-2 (рекомендується здійснювати згідно даних приведених в

табл. 1.4. Якщо визначена в таблиці 1.4 періодичність обслуговування відрізняється від періодичності, визначеної документацією заводу-виробника, слід керуватися документацією заводу-виробника);

сезонне технічне обслуговування – технічне обслуговування, яке виконується для підготовки виробу до використання в осінньо-зимових чи весняно-літніх умовах. Сезонне технічне обслуговування здійснюється двічі на рік – весною та восени [38].

Ремонт – комплекс операцій щодо відновлення справності або роботоздатності виробів та відновлення ресурсів виробів чи їх складових частин [38]. Ремонт може бути – поточним і капітальним.

Поточний ремонт (ПР) – ремонт, який виконується для забезпечення або відновлення роботоздатності виробу і полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин. Поточний ремонт виконується за потребою, згідно з результатами діагностування технічного стану АТЗ, або за наявності несправностей і призначений для забезпечення або відновлення його роботоздатності [38]. Для реалізації ПР може застосовуватися два методи – знеособлений і не знеособлений.

Знеособленість ремонт полягає у швидкій заміні несправного агрегату автомобіля, який ремонтують, справним новим чи заздалегідь відремонтованим з іншого автомобіля. Такий ПР зводиться лише до демонтажно-монтажних операцій. Не знеособленість не допускає таку заміну: автомобіль «очікує» на повернення з ремонту «свого» агрегату. Теоретично існує третій різновид ПР – комбінований. Суть його полягає в тому, що для тимчасового швидкого відновлення працездатності АТЗ несправні агрегати замінюють «чужими» (знеособлений метод), оскільки на відновлення «своїх» потрібен тривалий час через значну трудомісткість або ж відсутність запасних частин. Після того, як ці агрегати відновлені, вони встановлюються на «свій» АТЗ [20].

До поточного ремонту АТЗ належать роботи, пов'язані з одночасною заміною не більше двох базових агрегатів (крім кузова і рами). Будь-який

ремонт агрегатів належить до поточного ремонту АТЗ [38].

Капітальний ремонт (КР) – ремонт, який виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь-яких частин, у тому числі базових. Капітальний ремонт виконується за потреби згідно з результатами діагностики технічного стану і призначений для продовження строку експлуатації АТЗ. До капітального ремонту належать роботи, пов'язані із заміною кузова для автобусів та легкових автомобілів, рами для вантажних автомобілів або одночасною заміною не менш трьох базових агрегатів [38]. КР виконується повнокомплектно, або агрегатами знеособленим чи незнеособленим методом [20].

Технічне обслуговування та ремонт АТЗ на лінії – передбачає виконання комплексу технологічних операцій ТО або ПР без зняття автомобіля з лінії, безпосередньо під час рейсу.

На працездатний стан автомобіля впливає велика кількість чинників. Особливість цих чинників і їх поєднання на різних етапах життєвого циклу автомобіля визначає методи забезпечення його надійності [15].

Питанню надійності присвячено багато робіт вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як Авдонькін Ф.М., Барзилович Є.Ю., Барлоу Р., Бідняк М.Н., Варфоломєєв В.М., Говорущенко М.Я., Кузнецов Є.С., Міхлін В.М., Несвітський Я.І., Хазов Б.Ф. та ін. Всі вони виділяли, як одну з основних умов досягнення відповідного рівня надійності – оптимальну експлуатацію.

Найважливіше теоретичне питання удосконалення управління технічним станом рухомого складу автомобільного транспорту – це вибір прогресивних технічних напрямів і систем забезпечення надійності автомобілів [19].

Під технічним напрямком (стратегією) розуміється довготривала ідейна орієнтація. Стосовно до автомобільного транспорту технічний напрям можна сформулювати наступним чином: необхідна така спрямованість планування, організації та управління технічними впливами, яка в певних умовах роботи і

при заданому (розрахунковому) рівні експлуатаційної надійності забезпечуватиме мінімум трудових і матеріальних витрат на підтримку рухомого складу в технічно справному стані [19].

Система забезпечення надійності представляє собою ідеологічну платформу в технічній експлуатації автомобілів і має суттєвий вплив на всі показники функціональних підсистем по підтримці автомобілів в технічно справному стані [19].

Ця система на певному етапі розвитку тої чи іншої галузі формується на основі досягнутого наукового рівня теоретичних і експериментальних досліджень. Тому періодично системи повинні уточнюватися і вдосконалюватися [19].

Загалом існує три технічних напрями, що визначають особливості функціонування системи ТО і Р. На теперішній час існує тенденція переходу від планово-попереджувальної системи (за напрацювання) до системи обслуговування за станом. Їхні схеми представлена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Схема організації технічних обслуговувань і ремонтів машин [19].

Суть системи (напрямку) за напрацюванням полягає в тому, що через певний пробіг, незалежно від технічного стану агрегатів, виконується технічний вплив (певний вид технічного обслуговування, ремонт, заміна). Ця проста модель із-за значної вартості може застосовуватися тільки для спеціальних машин, а на автомобільному транспорті – для окремих вузлів і деталей, від яких залежить безпека руху. При такій системі значна частина ресурсу не використовується, тому вона дуже дорога (неекономічна) [19].

Суть системи (напрямку) за станом інша – технічні впливи виконуються при досягненні контрольованого параметра свого критичного рівня (гранично допустимого стану). Ця система дозволяє не виконувати «зайвих» ремонтів, якщо ризик відмови невеликий. Вона більш дешева (економічна), але вимагає вміння вимірювати безперервно або періодично контрольовані (діагностичні) параметри. Для її втілення необхідне спеціальне контрольно-діагностичне обладнання [19]. А ще можлива ситуація, коли із-за складної конструкції АТЗ або використання в ній складних електричних та електронних систем, необхідні досить дороге діагностичне обладнання і висококваліфікований персонал, що в сумі може призвести до здорожчування використання даної системи.

Система обслуговування і ремонту за станом передбачає три види робіт: обов'язкові (ОР), контрольно-діагностичні (Д), усунення виявлених несправностей (УН) [19]. Говорущенко М.Я. передбачає, що «... по мірі удосконалення методів і засобів діагностування об'єм обов'язкових робіт буде зменшуватися, і тоді можливе застосування в «чистому вигляді» тактики технічного обслуговування і ремонту за станом (Д – УН). В цій системі обов'язкові роботи і діагностування є плановими, а усунення несправностей або виявлення відмов носить дійсно попереджувальний характер».

Для транспортних, сільськогосподарських, будівельних та інших машин застосовується третя система (напрямок) – змішана, яка об'єднує в собі елементи першої і другої. В свою чергу змішана система в залежності від методу встановлення періодичності і об'єму технічних впливів поділяється на

середньостатистичну і діагностичну. Для середньостатистичної системи в якості основного математичного апарату широко застосовується теорія ймовірності і математична статистика.

Для діагностичної системи в основу повинна бути покладена теорія надійності, що об'єднує в розумних межах детерміновані і ймовірнісні розрахунки. Особливу увагу потрібно приділяти вивченню фізики відмов, зношування і старіння [19].

Отже, існуюча система підтримки працездатності АТЗ – це планово-попереджувальна система ТО і Р, для останнього передбачена можливість виконання технічних впливів за технічним станом окремих вузлів та агрегатів автомобіля. Вона передбачає жорсткі терміни проведення ТО і Р, при цьому не регламентує методів коректування періодичності та обсягів технічних впливів відносно умов експлуатації. Це право передано ремонтно-експлуатуючому персоналу АТЗ (на їх власний розсуд). Дана система не раціонально використовує ресурси і не враховує особливості конструкцій автомобілів, що можуть мати бортові системи моніторингу за технічним станом та діагностування, що в свою чергу дозволяють своєчасно виявити або попередити появу несправностей та відмов.

Тому, на теперішній час гостро постало питання в розробці нової або удосконаленні існуючої системи ТО і Р, що дозволить забезпечити необхідний рівень надійності та працездатності АТЗ при залученні сучасних засобів та заходів для мінімізації витрат. Як додаткова умова, може виступати потреба у гнучкості системи ТО і Р, що дозволить пристосувати її до будь-яких умов експлуатації, а також можливість її удосконалювати або змінювати в залежності від майбутніх потреб.

1.2.3 Характеристика методів удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту

Будь-яка нова технологія, методика або система з часом стає застарілою і потребує удосконалення або заміни. Пов'язані з цим проблеми узагальнювалися, аналізувалися і за допомогою передових засобів визначалися можливі шляхи розв'язання поставлених проблем. Питанню удосконалення системи ТО і Р присвячено багато робіт вітчизняних і закордонних вчених.

Так, Бажинов О.В. у своїй роботі [36] запропонував методи визначення та оцінки ресурсу силових агрегатів транспортних машин з урахуванням умов експлуатації, а також індивідуальних особливостей автомобіля. Обґрунтував управління ресурсом силових агрегатів в конкретних умовах експлуатації за енергетичними параметрами, а також визначив області раціонального використання автомобілів за показником ресурсу силових агрегатів, що встановлюється за витратою палива, швидкістю руху та обсягом виконаної транспортної роботи. Також було розроблено методики прогнозування витрати запасних частин і періодичності зміни мастила в силових агрегатах конкретного автомобіля, які базуються на результатах діагностування.

Савченко В.Б. у своїй роботі [39] пропонує теоретичні положення, необхідні для забезпечення надійності при розробці складних багатомашинних систем. Автор пропонує перейти від оцінки окремих показників надійності машин до оцінки їх реальної продуктивності (з урахуванням рівня надійності). Він стверджує, що ймовірність безвідмовної роботи характеризує періодичність проведення відновлювальних робіт, а надійність – імовірність реалізації номінальної продуктивності з урахуванням витрат часу на відновлення працездатності машин.

Волошина Н.А. у роботі [40] ще у 2001 році поставила під сумнів введення в дію «Положення – 98» і запропонувала методики по оперативному керуванню працездатністю транспортних машин на основі енергетичного

підходу (за сумарною витратою палива) до обґрунтування режимів виконання технічних впливів, а також коректування періодичностей і трудомісткостей технічних впливів на основі діагностичної інформації. Запропонувала математичну модель для вибору варіанта реалізації системи технічних впливів, що базується, на відміну від існуючих, на техніко-економічному коефіцієнті корисної дії конкретного транспортного підприємства.

Подібна концепція запропонована в роботі [41], в якій автор обґрунтовує доцільність застосування моніторингу витрати палива для розрахунку і прогнозування раціональної періодичності технічних впливів.

Полянський О.С. у роботі [42] встановив зв'язок між показниками надійності двигунів і їхніх окремих елементів (агрегатів, систем, деталей) та витратами на проектування, виробництво та експлуатацію, сукупність яких є теоретичною основою для системного підходу до формування властивостей надійності в гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації. Також були встановлені нові закономірності зміни показників безвідмовності нових і відремонтованих двигунів у гарантійний період експлуатації в залежності від обсягів і змісту профілактичних ремонтно-обслуговуючих робіт, обґрунтовано метод визначення терміну служби двигунів за критерієм окупності з урахуванням розподілу витрат на технічне обслуговування і ремонт за роками експлуатації, що виражений у частках первинної вартості ТЗ.

Серікова О.А. у роботі [35] приділила увагу до контролю і прогнозуванню залишкового ресурсу двигунів внутрішнього згорання, що дозволило забезпечити підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів за рахунок оптимізації планування режиму їх використання, а також раціональної організації ремонтних і профілактичних робіт. Це сприяє скороченню витрат на обслуговування автомобільної техніки, підвищенню її надійності. Для цього було розроблено відповідну методику і програмно-апаратний комплекс.

Закордонні вчені також розробляли свої методи поліпшення і удосконалення системи ТО і Р. Так в Росії, де діє подібна до української

системи ТО і Р, було розроблено ряд її покращень.

У роботі [43] Каргбо Сантиги запропонував метод корегування періодичності технічних впливів по елементам автомобіля. Згідно цього методу, періодичність ТО залежить від технічного стану основних конструктивних елементів автомобіля, а корегування зводиться до визначення оптимальних періодів обслуговування кожного такого елемента окремо, виходячи з критерію ефективності. Також автор доводить доцільність застосування оперативного управління періодичністю ТО і Р на основі діагностичної інформації.

Князьков О.М. у роботі [44] запропонував методику автоматизованого проектування нормативів системи ТО і Р на основі технології експертних систем. Ця методика дає можливість отримати оптимальний перелік робіт ТО, а також визначити відносну вартість витрат на запасні частини і витратні матеріали, що полегшує їх контроль.

Якунін М.М. розробив методологічні основи контролю технічного стану в експлуатації на основі вимог системи сертифікації послуг з технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Його методологія враховує рівень навантаженості роботи автомобіля і його компонентів в умовах експлуатації, згідно чого визначається період втрати своїх властивостей експлуатаційними матеріалами. Методологія передбачає введення в систему ТО і Р додаткових робіт по заміні експлуатаційних матеріалів або додатковому змашуванні більш навантажених елементів автомобіля [45].

Слітніков К.Л. довів доцільність виконання попереджувальних ремонтів двигунів внутрішнього згоряння з метою зменшення експлуатаційних витрат і забезпечення достатнього їх рівня безвідмовної роботи, як основних конструкційних елементів, що впливають на працездатність автомобіля в цілому [46]. Також він обґрунтовує періодичність і алгоритм діагностування двигунів, що дозволить визначити оптимальний момент виконання попереджувальних ремонтів. В свою чергу, автор пропонує відмовитися від політики планування ремонтних впливів, оскільки момент настання відмови

вважається випадковим.

Макарова А.М. у своїй роботі [15] запропонувала модель формування безвідмовної роботи автомобілів з врахуванням варіації періодичності ТО, а також встановила залежність впливу середньодобового пробігу і довжини рейсу на фактичну періодичність ТО. На основі розробленої моделі, вона розробила методику для оперативного визначення, скоригованих під певні умови експлуатації, нормативів періодичності ТО з заданим рівнем надійності.

В роботах [24, 47, 48, 49, 50, 51], які мали відношення до конкретних типів ТЗ, були розроблені методики підвищення ефективності їх використання, що також можуть застосовуватися для удосконалення системи ТО і Р.

Лисий О.В. у роботі [24] визначив, що найбільш значимими чинниками, що впливають на ресурс автопоїздів, є: періодичність ТО і Р, умови експлуатації, якість конструкції ТЗ, рівень кваліфікації ремонтних робітників і обладнання щодо проведення ТО і Р. Запропонував метод оцінки рівня технічного стану автопоїздів шляхом систематизації множини їх експлуатаційних показників, що дозволяє виявити резерви покращення якості проведення технічних впливів на основі корегування періодичності ТО і прогнозування обсягу робіт.

Кравченко О.П. у роботі [47] розробив теоретичні основи і методологічні принципи управління працездатністю автопоїздів з використанням діагностичної інформації, що дозволяє підвищити якість виконання ремонтно-обслуговуючих робіт. Запропонував системний підхід до управління працездатністю автопоїздів, що дозволило розробити систему ієрархічних схем оцінки ТС вузлів і агрегатів з використанням бортових і стаціонарних комп'ютерів.

Питанню підвищення надійності автосамоскидів приділив свою увагу Степанов О.В. В його роботі [48] визначено закономірності виникнення систематичних відмов автосамоскидів, пов'язаних зі станом властивостей мастил, від сезонного розсіювання запиленості під час роботи, а також встановлено залежність зростання кількості відмов від перевантаження. На

підставі цього були запропоновані нові методики діагностування автосамоскидів, обґрунтовано критерій оптимізації періодів попереджувальних замін груп елементів на підставі мінімуму сумарних витрат при планових й аварійних ремонтах на одиницю наробітку автомобіля шляхом перебору варіантів замін елементів у різних сполученнях. Загалом в роботі представлено модель системи ТО і Р за технічним станом з використанням моніторингу технічного стану.

Питанню удосконалення методів ТО і Р кар'єрних самоскидів приділив свою увагу Меджидов М.А. в роботі [49]. Його методика визначення раціональних режимів проведення ТО базується на двох критеріях: забезпечення безпеки і мінімізації витрат.

Для підвищення ефективності експлуатації автобусів Григоров А.Б. у роботі [50] пропонує оптимізувати періоди заміни моторних оливи, що дозволить зменшити інтенсивність зносу поверхонь тертя двигунів, як основного і досить вартісного елемента конструкції ТЗ. Оптимізація базується на збільшенні параметра діелектричної проникності оливи, для визначення якого пропонується застосовувати в конструкції двигуна спеціальні діелектричні датчики, що в режимі реального часу будуть відслідковувати стан оливи. Подібна концепція передбачає виконання робіт за станом з використанням систем моніторингу.

Живов С.В. у роботі [51] представив методику оптимізації технічного обслуговування автомобілів-таксі, що базується на потоку відмов. Автор піддав критиці «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» і запропонував систему оціночних критеріїв, що дозволяють виконати оптимізацію ТО з врахуванням експлуатаційних умов і сформованого потоку відмов. Також було розроблено алгоритм поетапного визначення оптимальної періодичності ТО автомобілів-таксі, вихідними параметрами якого є: кількість інтервалів сталості періодичності ТО, межі інтервалів сталості періодичності ТО, оптимальні періодичності ТО в кожному з інтервалів сталості періодичності.

Питання поліпшення експлуатації АТЗ і удосконалення системи ТО і Р

розглядалися в роботах інших вчених, що займалися їх вирішенням [18, 52, 53, 54 та ін.]. Загалом всі подібні дослідження сходилися на одному висновку, що ТО і Р необхідно виконувати за технічним станом основних вузлів та агрегатів АТЗ з врахуванням умов експлуатації на основі діагностичної інформації. В розглянутих вище роботах автори пропонували методи, які дозволяють підвищити надійність, збільшити ресурс, зменшити витрати на підтримання АТЗ в працездатному стані без врахування або з частковим врахуванням умов експлуатації, що мають суттєвий вплив на дані показники.

Тому виникає проблема у комплексному підході до визначення періодичності виконання ТО для забезпечення відповідного рівня надійності АТЗ в індивідуальних умовах експлуатації.

1.2.4 Характеристика методів визначення періодичності виконання технічного обслуговування (технічних впливів)

Основою системи є структура і нормативи. Структура системи визначається видами (ступенями) відповідних впливів і їх числом. Нормативи включають конкретні значення періодичності впливів, трудомісткості, переліку операцій та ін. [21].

Перелік виконуваних операцій, їх періодичність і трудомісткість складають режими технічного обслуговування [21].

На структуру системи ТО і Р впливають рівні надійності і якості автомобілів; цілі, що поставлені перед автомобільним транспортом і технічною експлуатацією автомобілів; умови експлуатації; існуючі ресурси; організаційно-технічні обмеження [21].

Головним чинником, що визначає ефективність системи ТО і Р, є правильно визначені переліки (що робити) і періодичності (коли робити) профілактичних операцій, потім кількість видів ТО і їх кратність (як організувати виконання сукупності профілактичних операцій) [21].

Нормативи ТО і Р, встановлені вітчизняними та закордонними

нормативними документами, а також викладені в сервісних книжках автомобілів, відносяться до певних умов експлуатації, що називаються еталонними [15].

При роботі в інших умовах експлуатації змінюється безвідмовність і довговічність автомобілів, а також витрата трудових і матеріальних ресурсів на ТО і ПР. Тому нормативи коригуються [15].

Будь-яке державне, муніципальне або приватне підприємство може ефективно працювати, маючи відповідні плани і програми виробництва і його розвитку. Для складання і реалізації цих планів і програм підприємство повинно мати обґрунтовані нормативи [21].

В зв'язку з тим, що перелік (а в деяких випадках і технологія виконання) ремонтно-обслуговуючих операцій вже визначений заводом-виробником АТЗ, з яким потрібно узгоджувати будь-які зміни даного переліку робіт або брати на себе відповідальність за наслідки від самовільної їх зміни, то для забезпечення можливості корегування нормативів доцільно корегувати періодичність виконання технічних впливів, тим паче, що це допускається згідно «Положення – 98», а також деякими автовиробниками згідно їхньої сервісної інформації, наведеної, наприклад [26, 28, 29].

Періодичність технічного обслуговування (ремонту) – інтервал часу чи напрацювання між даним видом технічного обслуговування (ремонту) і наступним таким же видом або іншим більшої складності [27, 38].

Напрацювання – тривалість або обсяг роботи виробу. Напрацювання може бути як неперервною величиною (тривалість роботи в годинах, кілометрах пробігу і та ін.), так і цілочисельною величиною (число робочих циклів, пусків і та ін.) [38].

Найважливіша умова підтримки заданого рівня надійності автомобілів в процесі експлуатації призначення оптимальних режимів ТО і їх: періодичності, переліку й трудомісткості операцій або виду обслуговування [55].

Під оптимальним треба розуміти такий режим, який забезпечує надійну

роботу автомобіля та його елементів при мінімальних витратах коштів на ТО і Р [55].

Проблема оптимізації ТО дуже складна, і її можна розглядати в різних аспектах. Проте як би її не розв'язували, треба враховувати надійність і готовність автомобілів, вплив на них профілактичних робіт [55].

Як відмічалось раніше, при технічному обслуговуванні застосовується дві тактики доведення виробу до потрібного технічного стану: за напрацюванням і за станом (потреби). Тому при першій тактиці визначається періодичність контролю, яка переходить у виконавчу частину, з коефіцієнтом повторюваності $K_1 = 1$. При другій тактиці визначається періодичність контролю, а виконавча частина операції виконується по потребі в залежності від результатів контролю, тобто $1 \geq K_2 \geq 0$ [21].

Періодичність контрольно-діагностичних робіт нерозривно пов'язана з надійністю окремих вузлів і агрегатів автомобіля в конкретних умовах експлуатації внаслідок випадкового характеру виникнення його відмов [56].

При цьому майже кожна операція має свою, відмінну від іншої, оптимальну періодичність: $l_{01} \neq l_{02} \neq l_{03} \neq \dots \neq l_{0s}$ [21].

Методи визначення періодичності ТО поділяються на прості (метод аналогів по прототипу); аналітичні, що базується на результатах спостережень і основних закономірностях технічної експлуатації автомобілів; імітаційні, що базуються на моделюванні випадкових процесів [21].

Розглянемо існуючі методи визначення періодичності ТО.

Метод групування по стержневим операціям ТО базується на тому, що виконання операцій ТО приурочені до оптимальної періодичності l_{CT} так званих стержневих операцій, що мають наступні ознаки:

- а) впливають на екологічну і дорожню безпечність автомобіля;
- б) впливають на роботоздатність, безвідмовність, економічність автомобіля;
- в) характеризуються більшою трудомісткістю, вимагають спеціального обладнання і конструкції постів;

г) регулярно повторюються [21].

Таким чином, по цьому методу періодичність ТО стержневих операцій l_{CT} приймається за періодичністю виду ТО або групи операцій [21] (рис. 1.4).

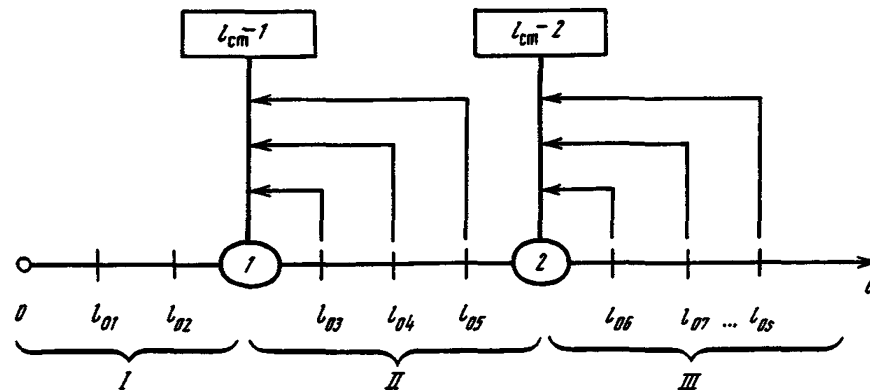


Рисунок 1.4 – Групування по стержневим операціям [21].

За даним методом профілактичні операції можуть бути зведені в три групи:

I-група: $l_{0i} < (l_{CT} - 1)$ виконується щоденно (ЩО) або за потребою (при ПР), так як виключаються із складу профілактичних;

II-група: $(l_{CT} - 1) \leq l_{0i} < (l_{CT} - 2)$ операція 3, 4, 5 виконуються одночасно з першою стержневою з періодичністю операції $l_{CT} - 1$ (див. рис. 1.4);

III-група: $l_{0i} \geq (l_{CT} - 2)$ виконується одночасно з другою стержневою операцією або із складу профілактичних (переводяться в поточний або попереджувальний ремонт) [22].

Операція, оптимальна періодичність якої l_{0i} більше періодичності стержневої операції, виконується з коефіцієнтом повторюваності [21]:

$$K_i = l_{CT} / l_{0i} = (l_{TO})_1 / l_{0i}, \text{ де } 0 < K \leq 1. \quad (1.1)$$

Переваги методу:

- дозволяє спростити режими ТО і Р,
- дозволяє оптимізувати технологічний процес виконання операцій ТО і Р,

- підвищує значення ймовірності безвідмовної роботи.

Недоліки методу:

- неповне використання ресурсу виробу,
- не враховує економічну доцільність застосування методу,
- визначає індивідуальні періоди виконання операцій ТО і Р в залежності від конструктивних-експлуатаційних особливостей використання ТЗ.

Метод природного групування застосовується для об'єктів, що обслуговуються і мають досить близькі раціональні періодичності. Для застосування даного методу необхідно виконати групування операцій за видами ТО. Збільшення числа ступенів (видів ТО) теоретично благополучно впливає на надійність і сумарні затрати на забезпечення роботоздатності окремих об'єктів, але одночасно збільшує витрати, пов'язані з організацією виробничих процесів ТО і ремонту автомобілів [21].

Метод визначення періодичності ремонтно-обслуговуючих дій за допустимим рівнем безвідмовності автомобілів (імовірнісний метод). Він враховує вибір такої періодичності, за якої імовірності відмов АТЗ не перевищить заданої допустимої величини, яку називають ризиком, або допустимою імовірністю його відмов – R_D (рис. 1.5).

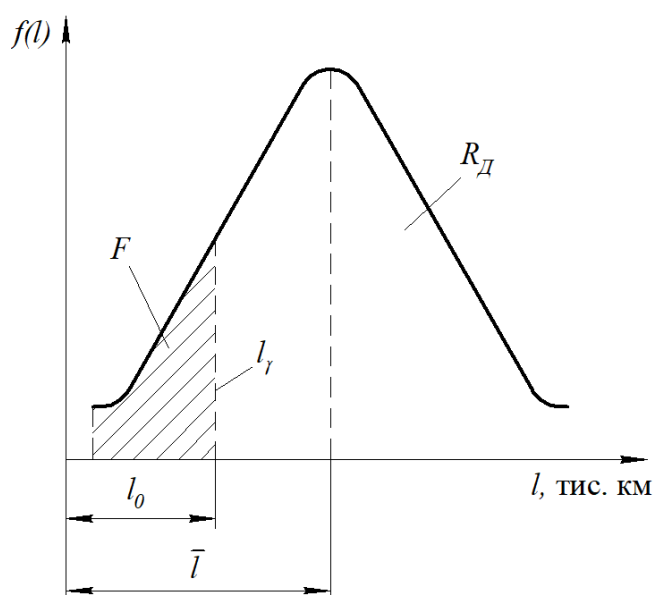


Рисунок 1.5 – Визначення періодичності ремонтно-обслуговуючої діяльності автомобілів за критерієм безвідмовності [20].

Показник R_d задається залежно від типу агрегатів та механізмів автомобіля: для тих, які безпосередньо впливають на безпеку руху, $R_d = 0,9-0,98$; для усіх решти – $R_d = 0,85-0,90$ [20].

Оптимальна періодичність l_0 пов'язана з середнім пробігом $\bar{l}$ через коефіцієнт раціональної періодичності β :

$$l_0 = \beta \cdot \bar{l}. \quad (1.2)$$

Цей коефіцієнт враховує значення та характер варіації пробігів АТЗ на відмови, а також прийняті допустимі імовірності безвідмовної роботи [20].

Переваги методу:

- простота,
- врахування ризику.

Недоліки методу:

- неповне використання ресурсу виробу, так як $l_0 < \bar{l}$,
- відсутність прямих економічних оцінок наслідків відмов та їх попередження.

Техніко-економічний метод визначення періодичності ТО, який ґрунтується на мінімізації питомих витрат на ремонт C_p та таких же витрат на ТО $C_{то}$. Чим з більшою періодичністю l виконуються операції ТО (менше витрачається коштів), тим частіше вони відмовляють, потребуючи виконання більших обсягів робіт (рис. 1.6) [20].

Оптимальна періодичність виконання профілактичних робіт буде, очевидно, при досягненні мінімуму сумарних витрат на ТО і ПР. Аналітично у загальному вигляді відшукування цього мінімуму записується так [20]:

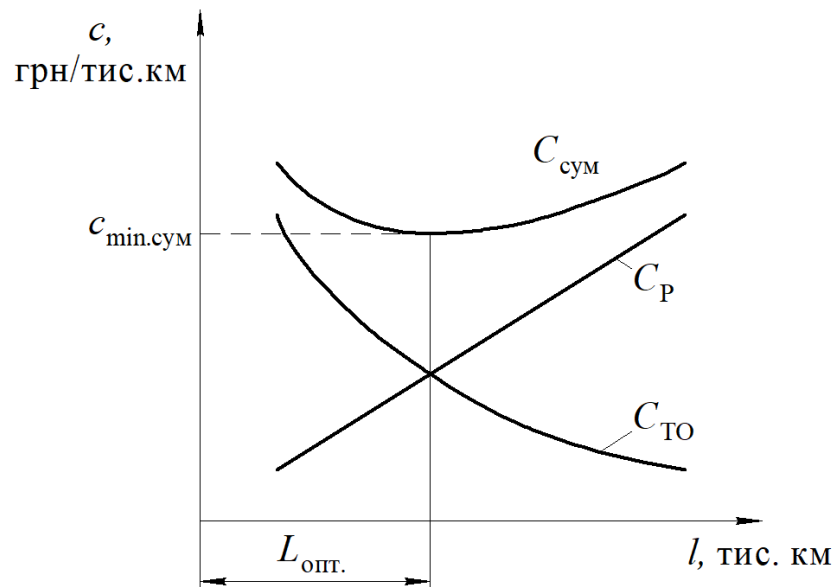


Рисунок 1.6 – Техніко-економічного методу визначення оптимальної періодичності виконання ремонтно-обслуговуючих дій [20].

$$C_{\min \text{ сум}} = C_P + C_{TO} = \frac{C}{L} + \frac{d}{l} \rightarrow \min, \quad (1.3)$$

де c , d – відповідно, зведені витрати на ремонт і виконання операцій ТО, грн./тис.км.;

L , l – відповідно, ресурс автомобіля до ремонту і періодичність ТО.

Також, техніко-економічний метод визначає таку групову періодичність $l_{0Г}$, що відповідає мінімальним сумарним витратам $C_{\Sigma\Sigma}$ на ТО і Р автомобіля по всім розглядуваним об'єктам (рис. 1.7):

$$C_{\Sigma\Sigma} = \sum_S C_{IS} + \sum_S C_{IIS}. \quad (1.4)$$

Тобто оптимальна періодичність $l = l_{0Г}$ при $C_{\Sigma\Sigma} = C_{\min}$, де C_{IS} і C_{IIS} – питомі витрати на ТО і ремонт i -го об'єкта; S – число операцій в групі (види ТО). На рисунку 1.7 Δ_S – це збільшення питомих витрата S -операції при її виконанні в результаті групування, з груповою $l_{0Г}$, а не з властивою їй оптимальною періодичністю l_{0S} [21].

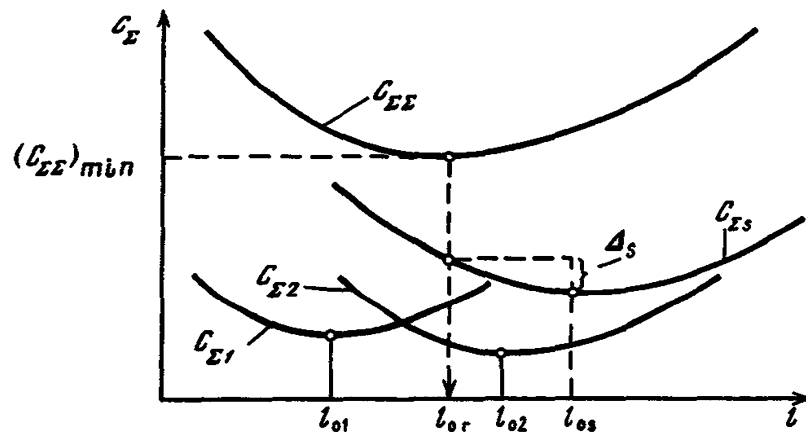


Рисунок 1.7 – Визначення періодичності ТО техніко-економічним методом [21].

Якщо в групу входить операція, періодичність якої обмежена в розглядуваних межах умовами безпеки, екології або технічними критеріями, то вибрана групова періодичність повинна задовольняти вимогам $l_{0i} \leq l_{0i}$; i – номер операції з періодичністю, обмеженою вимогами безпеки або іншими технічними критеріями [21].

Переваги методу:

- облік економічних наслідків прийняття рішення,
- простота, ясність, універсальність.

Недоліки методу:

- потреба в достовірній інформації про вартості операцій ТО і Р, впливу періодичності ТО на ресурс елемента,
- відсутній облік варіації всіх показників (L, l, d, c),
- не враховується рівень безвідмовності.

Економіко-ймовірнісний метод, може визначити доцільність виконання даної операції не з оптимальної для неї, а з заданою періодичністю стержневих операцій [21].

Цей метод охоплює попередні і враховує економічні та ймовірнісні чинники, а також дає змогу порівняти різні стратегії і тактики підтримання і відновлення працездатності автомобіля [21].

Як вже відмічалось, одна із систем (C_{II}) полягає в усуненні несправностей виробу по мірі їх виникнення, тобто за потребою. Питомі витрати при цьому становлять [21]:

$$C_{II} = \frac{c}{\bar{x}} = \frac{c}{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} xf(x)dx}, \quad (1.5)$$

де $\bar{x}$, $x_{\min}$, $x_{\max}$ – середнє, мінімальне і максимальне напрацювання на відмову;

c – разові затрати на ремонт, тобто на усунення відмови.

Альтернативна стратегія (C_I) передбачає попередження відмови і несправностей, відновлення вихідного або близького до нього стану виробу до того, як буде досягнутий граничний стан. Ця стратегія реалізується при попереджувальному ТО, попереджувальній заміні деталей, вузлів, механізмів тощо. При цьому можливі дві тактики реалізації цієї стратегії: за напрацюванням (C_{I-I}) і за технічним станом (C_{I-II}) [21].

Величина цільової функції питомих витрат за напрацюванням при оптимальній періодичності ТО l_{01} становить [22]:

$$C_{I-I} = \frac{cF + dR}{l'_p F + l_{01} R}, \quad (1.6)$$

де $cF + dR$ – середньозважена вартість виконання операцій ТО і Р;

$l'_p F + l_{01} R$ – середньозважене напрацювання виконання операції ТО і Р;

c – вартість усунення відмов;

F – ймовірність відмови при виконанні ТО з періодичністю ТО l_p привиконанні за наробітком і ймовірністю виконання ремонтної операції (усунення відмови);

d – разова вартість операції ТО;

R – ймовірність виконання операції ТО;

l'_p – середнє напрацювання елементів, що відмовили з ймовірністю F .

Якщо $C_{II} > C_{I-I}$, то для даного елемента доцільно проводити ТО за напрацюванням з оптимальною періодичністю l_{0I} .

Якщо $C_{I-I} > C_{II}$, то для даного елемента нераціонально попереджувати відмови (ТО), а достатньо їх усувати, тобто реалізувати стратегію – ремонт за потребою з середнім наробітком до відмови $\bar{x}$ [21].

Величина цільової функції питомих витрат за технічним станом при оптимальній періодичності ТО l_{0I} становить [21]:

$$C_{I-II} = \frac{cF + R_1(d_K + d_B) + R_2 d_K}{Fl_p + l_p R_1 + 2l_p R_2}. \quad (1.7)$$

При даній стратегії всі вироби можна розділити на три групи:

- вироби, що відмовили з ймовірністю F при напрацюванні $x < l_p$;
- вироби, що мають з ймовірністю R_1 потенційне напрацювання на відмову $2l_p > x_i > l_p$. Якщо їм не проводити ТО при l_p , то вони з вірогідністю R_1 опиняться в інтервалі $l_p - 2l_p$. Відповідно, цим виробам при l_p необхідно виконати контроль вартістю d_k і виконавчу частину операції вартістю d_B ;
- вироби, що мають з ймовірністю $R_2 = 1 - F - R_1$ потенційне напрацювання на відмову $x > 2l_p$, яких при l_p достатньо обмежитися контролем (d_k), а виконавчу частину операції «відкласти», що найменше, до наробітку $2l_p$.

В економіко-ймовірнісному методі, також як і при визначенні оптимальної періодичності за безвідмовністю, використовують коефіцієнт раціональності періодичності [21]:

$$\beta_0 = \frac{l_0}{\bar{x}} = \left(\frac{2k_{II} v_x}{(1 + v_x^2) \cdot (1 - v_x)} \right)^{v_x} \text{ при } v_x < 1, \quad (1.8)$$

де $k_{II} = d/c$;

v_x – коефіцієнт варіації наробітку на відмову.

Переваги методу:

- облік ймовірності і вартості чинників,
- проведення ТО з оптимальною періодичністю певних рівнів безвідмовності R і ризику F при відомих витратах на реалізацію цієї стратегії,
- ймовірність реалізувати попереджувальний ремонт,
- більш повне використання потенційного ресурсу виробу,
- можливість збільшити періодичність ТО в порівнянні з профілактикою за напрацюванням ($l_{02} > l_{01}$),
- можливість скоротити середню трудомісткість профілактичних операцій, так як її виконавча частина виконується за потребою в залежності від технічного стану.

Недоліки методу:

- невикористання ресурсу елементів, які мають потенційне напрацювання до відмови $x_i > 2l_p$,
- умова застосування цієї стратегії, пов'язана з ростом вартості профілактичних операцій [21].

Метод визначення періодичності по закономірності зміни параметру технічного стану (ймовірність справного стану). Оцінюючи надійність автомобіля з урахуванням відновлення, не можна оперувати поняттям «ймовірність безвідмовної роботи». Треба користуватися поняттям «ймовірність справного або несправного стану автомобіля» протягом заданого інтервалу робочого часу [55].

Ймовірність справного стану автомобіля $P(t)$ у довільний момент часу t для періоду нормальної експлуатації можна визначити за формулою:

$$P(t) = K_r + (1 - K_r) \cdot \exp\left(-\frac{t}{K_r T_B}\right), \quad (1.9)$$

де K_r , T_B – відповідно коефіцієнт готовності і час відновлення автомобіля.

Цей вираз дає змогу визначити характеристику експлуатаційної надійності автомобіля (рис. 1.8) [55].

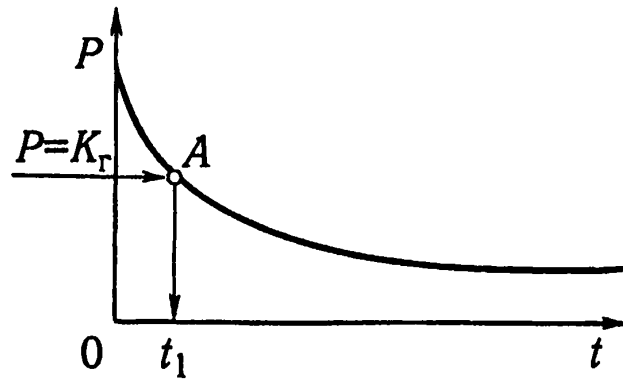


Рисунок 1.8 – Залежність періодичності ТО автомобіля від імовірності справного стану [55].

Переваги методу:

- облік фактичного технічного стану виробу,
- можливість гарантувати заданий рівень безвідмовності F ,
- облік варіації технічного обслуговування.

Недоліки методу:

- відсутність прямого обліку економічних чинників і наслідків,
- потреба в інформації про закономірність зміни параметра технічного стану $Y = \psi(l, x)$ [21].

Останнім часом широко застосовується *метод математичного моделювання*. Математичне моделювання можна розглядати як засіб вивчення реальної системи шляхом її заміни зручнішою для експериментального дослідження системою (моделлю), що зберігає істотні риси оригіналу. При моделюванні здійснюється апроксимація функції опису більш простою і зручною для практичного аналізу функцією – моделлю [56]. Метод математичного моделювання дозволяє описати всі вище згадані методи в спеціальному програмному середовищі і дослідити їх, для виявлення найбільш оптимального варіанту в тій чи іншій ситуації.

Переваги методу:

- дозволяє аналітично визначити оптимальний період ТО і Р з врахуванням особливостей роботи автомобіля,
- менше використовує часу для повторних розрахунків при зміні певного параметру,
- спрощує обробку статистичної інформації, що застосовується для певних розрахунків.

Недоліки методу:

- вимагає спеціального програмного забезпечення і відповідних знань, умінь і навичок у оператора,
- вимагає реальну інформацію для порівняння, яку необхідно перевести у зрозумілу для певного програмного забезпечення мову.

Узагальнюючи всі вище розглянуті методи визначення періодичності ТО і Р, можна визначити їх недоліки, зокрема:

1) відсутній комплексний підхід до визначення технічного стану окремих частин АТЗ;

2) не враховується взагалі або враховується частково вплив контрольно-діагностичних і профілактичних робіт на зміну ТС окремих частин АТЗ;

3) не враховується взагалі або враховується частково вплив умов експлуатації на зміну ТС окремих складових частин і АТЗ в цілому;

4) присутній необґрунтований ухил в сторону надійності об'єкта або його економічної складової, при якому надто великі матеріальні ресурси направляються на підтримання високої надійності або з метою мінімізації витрат на ТО і Р передбачають тільки операції, які направлені на забезпечення безпеки дорожнього руху та інших вимог до ТЗ, при цьому економічний аспект залежить від простою АТЗ в ремонті не враховується;

5) неефективність даних методів при прогнозуванні працездатного стану (ймовірності безвідмовної роботи) до автомобілів, що були у вжитку на момент передачі в експлуатацію певним автотранспортним підприємствам в

зв'язку з мінімальною інформацією про їх реальний технічний стан і рівнем надійності;

6) не враховується взагалі або враховується частково заданий рівень надійності АТЗ при визначенні періодичності виконання операцій ТО і Р для певних (випадкових і різноманітних) умов експлуатації АТЗ;

7) складність оперативно перейти від одного методу до іншого або їх комбінування для забезпечення економічного ефекту який, в свою чергу, складно спрогнозувати для різнотипних елементів конструкції АТЗ, що мають різні характеристики напрацювання на відмову.

Для вибору методу визначення періодичності ТО і Р необхідно користуватися критеріями, згідно яких визначають ефективність і доцільність його застосування. Виходячи з конструктивних особливостей АТЗ і умов їх експлуатації, з факторами і чинниками, що впливають на їх технічний стан доцільно користуватися комплексними показниками надійності, зокрема:

Коефіцієнт готовності $K_G(\alpha(t))$ – імовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено [57];

Коефіцієнт простою $(U(t))$ – імовірність того, що об'єкт виявиться непрацездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено [57];

Коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$ – відношення математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта у працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані та у простоях, зумовлених технічним, обслуговуванням і ремонтом за той самий період [57].

Як критерії для визначення оптимальної періодичності контрольно-діагностичних робіт можна використати такі характеристики експлуатаційної надійності автомобілів: імовірність безвідмовної роботи і справного стану (з урахуванням відновлення), параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову тощо. Це пояснюється тим, що вони охоплюють багато

конструктивно-технологічних та експлуатаційних чинників і, отже, досить повно характеризують надійність автомобіля в заданих умовах експлуатації [55].

До критеріїв ефективності застосування системи ТО і Р може відноситися:

- *Середня тривалість, трудомісткість і вартість технічного обслуговування (ремонту)* – математичне очікування, відповідно, тривалості, трудомісткості та вартості одного технічного обслуговування (ремонту) даного виду за певний період експлуатації або напрацювання [37];
- *Готовність парку виробів* – відношення роботоздатних виробів до загального числа виробів парку в даний момент часу [37];
- А також, згадані вище, *коефіцієнт готовності і коефіцієнт технічного використання*.

На підставі представленого вище аналізу різноманітних чинників, що впливають на ТС АТЗ і з точки зору оптимізації періодів технічних впливів для підтримки АТЗ з заданим рівнем надійності, в індивідуальних умовах експлуатації, з мінімально-можливими витратами на ТО і Р, а також втратами від простою АТЗ під час цих ТО і Р.

1.3 Висновки до розділу 1

1. Надійність – основна властивість, що забезпечує відповідний рівень безвідмовної роботи АТЗ і безпосередньо впливає на його безпеку та ефективність використання.

2. Умови експлуатації безпосередньо впливають на надійність АТЗ і носять індивідуально-випадковий характер, що в свою чергу ускладнює процес прогнозування залишкового ресурсу АТЗ, а також впливає на його технічний стан і прогнозування моменту виконання наступного ТО і Р.

3. Офіційно діюча в Україні система ТО і Р є застарілою і неефективно використовує ресурси необхідні для підтримання в працездатному стані АТЗ, особливо іноземного виробництва. В той же час, іноземні автовиробники розробляють і впроваджують на фірмових автосервісних підприємствах власні системи ТО і Р, що не завжди можуть бути використані для вітчизняних автотранспортних і авто-експлуатуючих підприємств.

4. Перспективним напрямом в технічній експлуатації автомобілів є розробка нової або удосконалення існуючої системи ТО і Р, що забезпечить ефективне використання АТЗ в певних умовах експлуатації за умови ресурсо-заощадження.

5. Забезпечення працездатного стану АТЗ досягається, зокрема, визначенням оптимального періоду виконання технічних впливів. Існуючі методи визначення періодичності виконання операцій з ТО і Р не враховують всі можливі чинники і умови роботи АТЗ, а також визначають однакові інтервали технічних впливів, що не відповідає концепції, коли кожен агрегат або вузол автомобіля має свій період напрацювання на відмову, а отже має свій оптимальний період виконання ТО або ремонту. Крім того, не регламентуються періоди діагностування АТЗ, що не дозволяє реалізувати стратегію виконання технічних впливів за станом. Тому більшість відмов попереджаються за рахунок передчасного вилучення або відновлення технічного стану певних елементів конструкції АТЗ без досягнення ними умовно-допустимого граничного стану, що є неефективним використанням ресурсів.

6. Як відомо, варіація періодів виконання технічних впливів впливає на безвідмовність автомобіля, але економічний показник впливає на загальну кількість технічних впливів. В такій ситуації виникає питання – яка мінімальна (або максимальна) кількість технічних впливів допустима при заданому показнику надійності і економічності.

РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ КОРИГУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

2.1 Вплив періодичності ТО і Р на технічний стан АТЗ

Як зазначалося раніше, періодичність технічного обслуговування – це проміжок часу або напрацювання між даним видом технічного обслуговування і наступним таким же видом або іншим більшої складності [27].

На автомобілі облік тривалості його роботи прийнято вести через пробіг L , км або мото-години роботи T , год. Під пробігом мають на увазі загальну відстань, яку подолав автомобіль від моменту його виробництва на даний час, а під мото-годинами – загальний час роботи двигуна автомобіля від моменту його виробництва на даний час. Для ведення обліку пройденого шляху чи часу роботи автомобілі оснащуються вимірювальними приладами – лічильниками кілометрів (одометрами) та лічильниками мото-годин. Значення цих лічильників самовільно змінювати заборонено. Тому їх показники можна приймати за достовірну інформацію для визначення напрацювання автомобіля або його вузлів і агрегатів на відмову, а також для прогнозування їхнього залишкового ресурсу.

Відносно цих двох параметрів автовиробники встановлюють періодичності ТО своїх автомобілів. Так, відносно даних, наведених в [26, 28, 29, 33], роботи з ТО проводяться через встановлені терміни, що виражаються через:

- L , км чи T , год. незалежно від загального віку автомобіля (приклад: регулювальні, кріпильні та певні контрольно-діагностичні роботи та ін.);
- L , км чи T , год. або один раз на n -років в залежності від того, що настане раніше (приклад: заміна моторної та трансмісійних оливи, певні контрольно-діагностичні роботи та ін.);

- один раз на n -років незалежно від загального пробігу або часу роботи автомобіля (приклад: заміна технічних рідин, певних гумових виробів або трубопроводів та ін.);
- за потребою або після перевірки, що виконується за встановленою вище періодичністю (приклад: заміна гальмівних колодок, ламп, шин та ін.).

Згідно [38], автосервісні та автотранспортні підприємства повинні виконувати ТО і Р АТЗ згідно встановлених норм заводів виробників. При цьому коригування періодичності ТО і Р допускається виконувати згідно методик заводів виробників. Але у випадку, коли таких методик немає, а встановлені нормативи автовиробників не забезпечують відповідного рівня надійності та працездатності АТЗ, що доведено на досвіді їх експлуатації, то залишається керуватися нормативами, наведеними в «Положенні – 98» (див. табл. 1.4), що є рекомендованими. У той же час не існує ніяких обмежень зі сторони автовиробників і діючих нормативних документів виконання ТО і Р раніше за вказані норми, але виникає питання економічної доцільності частих технічних впливів. Тому, економічна складова виступає однією з умов при коректуванні періодичності ТО.

Відомо, що показник імовірність безвідмовної роботи P не є постійним протягом терміну служби автомобіля. Загальноприйнято, що він змінюється за експоненціальною залежністю (рис. 2.1).

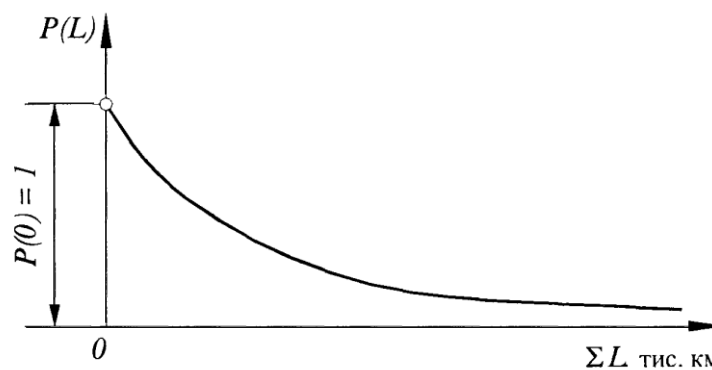


Рисунок 2.1 – Залежність імовірності безвідмовної роботи АТЗ від його сумарного пробігу від початку експлуатації [20].

На початку експлуатації ТЗ його ймовірність безвідмовної роботи максимальна, з ростом сумарного пробігу для випадку $L \rightarrow \infty$, $\lim_{L \rightarrow \infty} P(l) = 0$. За цим підходом і, зважаючи на експоненційну залежність, ймовірність безвідмовної роботи визначають з виразу [20]:

$$P(l) = e^{-\lambda(l)l_i}, \quad (2.1)$$

де e – основа натурального логарифма;

$\lambda(l)$ – інтенсивність відмов від пробігу l ;

l_i – i -тий пробіг, за якого визначається ймовірність безвідмовної роботи.

Очевидно, що напрацювання АТЗ на відмови залежить від терміну його служби: чим більший термін служби, тим менші пробіги на відмови [20]. Виходячи з даної концепції, можна зробити припущення, що максимально можливий (ресурсний) термін служби автомобіля L_p , км або T_p , год – це сума періодів його роботи $\sum l_n$ або $\sum t_n$ до відповідного ТО або Р, що не дорівнюють один одному і кожен наступний період менший за попередній:

$$L_p = l_1 + l_2 + \dots + l_n = \sum_{i=1}^n l_n, \text{ км де } l_1 > l_2 > \dots > l_n, \quad (2.2)$$

або

$$T_p = t_1 + t_2 + \dots + t_n = \sum_{i=1}^n t_n, \text{ год де } t_1 > t_2 > \dots > t_n. \quad (2.3)$$

Але, тоді l_n або $t_n \rightarrow 0$, що призведе до суттєвого збільшення витрат на ТО і Р. Крім того, дане припущення теоретично можливе при сталих умовах експлуатації та при однаковому рівні якості виконання технічних впливів, коли робочі та допоміжні процеси ε в АТЗ протікають більш стабільно зі спадаючим ефектом під дією руйнівних процесів R (рис. 2.2). Але якщо припустити, що показники якості ТВ або процеси роботи ТЗ після кожного ТВ відрізняються від попередніх, це вплине на характер руйнівних процесів, а

отже можна припустити, що при певних сприятливих умовах руйнівні процеси R_2 за проміжок час t_2 менші за процеси R_1 за проміжок час t_1 . В такому випадку, теоретично, інтенсивність відмов $\lambda(t)$ зменшиться на стільки, що дозволить збільшити термін використання ТЗ до наступного ТО або Р.

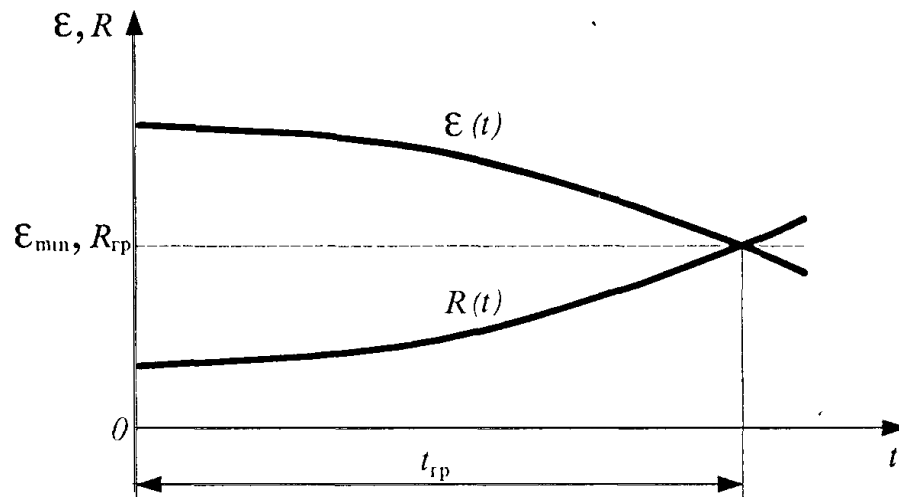


Рисунок 2.2 – Графічна інтерпретація взаємозв'язків між проходженням робочих та руйнівних процесів у машинах [20].

Якщо технічними умовами на безпечну експлуатацію АТЗ встановлено граничне значення показника його технічного стану $R_{гр}$, при досягненні якого використання його за призначенням повинно бути припинено, то таким чином отримують граничний термін використання $t_{гр}$ [20].

З метою збільшення часу $t_{гр}$ через певні проміжки часу $t_{пер}$ для АТЗ виконують відповідні профілактичні ремонтно-обслуговуючі дії (РОД), під час яких виконуються регулювання, зміна зношених деталей на нові, ремонт та відновлення їх. В результаті – покращується технічний стан АТЗ (стрибок ΔR вниз) і підвищується ефективність робочих процесів (стрибок $\Delta \varepsilon(t)$ вгору) (рис. 2.3) [20].

Очевидно, що виконуючи з обґрунтованою періодичністю $t_{пер}$ РОД, отримуємо продовження терміну служби ($t_{гр.меа} > t_{гр}$), рис. 2.4.

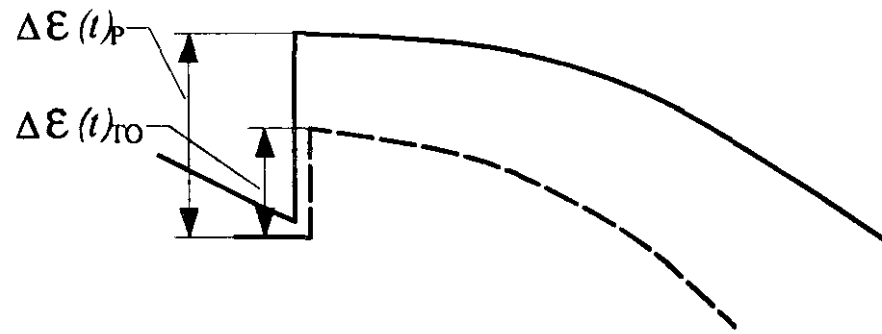


Рисунок 2.3 – Перебіг змін робочих процесів в АТЗ за умови виконання його ТО та ремонту [20].

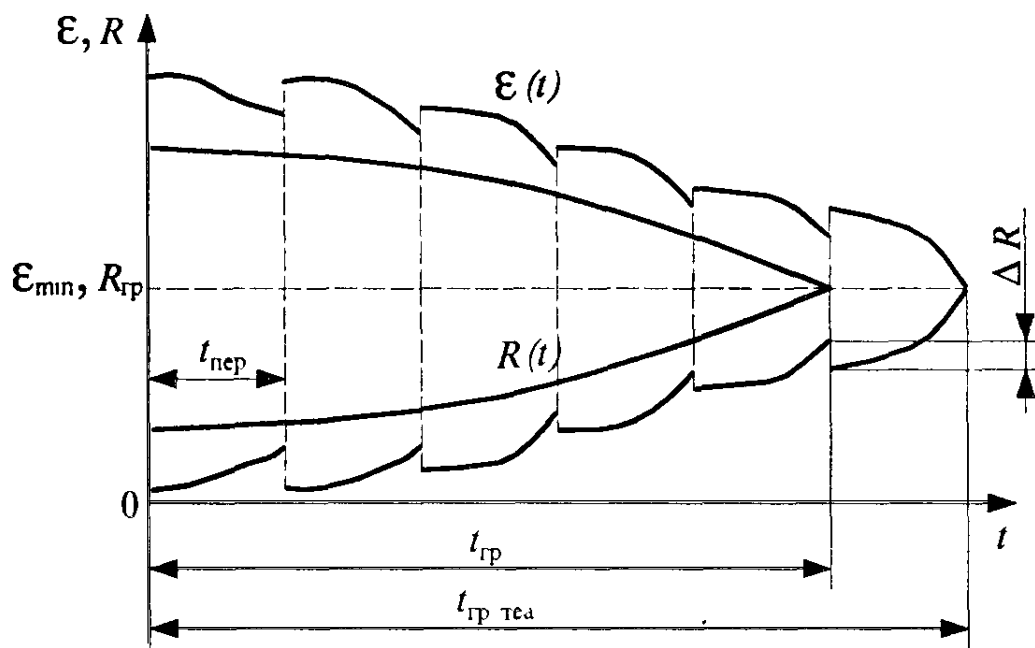


Рисунок 2.4 – Графічна інтерпретація взаємозв'язків між проходженням робочих процесів за умов виконання профілактичних РОД [20].

На думку Форнальчика Є. Ю., якщо через певний проміжок $t_{пер}$ виконуються лише регулювальні роботи, то стрибок ΔR чи $\Delta \epsilon$ буде незначним і відповідно подальший перебіг кривих буде із значним підйомом чи спаданням. Якщо ж виконуються у цих періодах $t_{пер}$ заміни зношених деталей, їх ремонт чи відновлення стрибки ΔR і $\Delta \epsilon$ більші, а поведінка подальших кривих пологіша (рис. 2.4.) [20].

У першому разі виконують ТО $\Delta \epsilon(t)_{ТО}$, у другому – ремонт АТЗ $\Delta \epsilon(t)_P$. У

відповідних умовах та режимах експлуатації АТЗ, для їх різних видів перебіг зміни цих залежностей характеризуються різними інтенсивностями. Вони залежать, у першу чергу, від ступеня впливу таких чинників як інтенсивність зношення пар тертя, старіння деталей, їх деформацій тощо. Вони, як відомо, належать до таких, які викликають поступові відмови АТЗ чи їх агрегатів. Крім того, існує категорія чинників (втрата міцності матеріалу деталей, їх поверхневе та об'ємне руйнування через дефекти у виготовленні або порушенні режимів експлуатації), вплив яких на працездатність АТЗ носить непрогнозований характер, що призводить до раптових відмов. Ці дві групи чинників визначають фактично рівень технічного стану АТЗ. Для характеристики їх впливу використовують функцію ймовірності безвідмовної роботи автомобілів, чи їх окремих агрегатів (механізмів, спряжень) [20]:

$$F(t) = 1 - [1 - F_1(t)] \cdot [1 - F_2(t)], \quad (2.4)$$

де $F_1(t)$, $F_2(t)$ – імовірність безвідмовної роботи АТЗ при діях чинників, які зумовлюють, відповідно, поступові та раптові їх відмови.

Якщо встановлені закономірності розподілів цих відмов як випадкових величин, то, користуючись цим виразом, можна оптимізувати періодичність РОД для конкретних умов та режимів експлуатації АТЗ [20].

Подібну концепцію про дію ТО і Р на тривалість використання автомобіля розглядав Говорущенко М.Я., який стверджує, що автомобіль є відновлювальною системою тривалого використання. В процесі його роботи виникають багаторазові відновлення за допомогою ремонтів, заміन, регулювань тощо. Із-за цих причин інтенсивність відмов ніколи не досягає значимих величин.

Якщо припустити, що міцність елементів, що входять до системи, однакова і елементи, що відмовили, замінюються новими, які по міцності і іншим властивостям співпадають з елементами нової системи, тобто замінені елементи статистично еквівалентні елементам, що працювали до відмови, і

якість ремонту хороша, тоді інтенсивність відмов встановиться на деякому мінімальному рівні [19].

Міцність цієї системи зазвичай вища міцності системи до ремонту, якщо, звісно, ремонт виконано правильно і без внесення додаткових слабих ланок. Однак, так як частини, що були піддані ремонту, застаріли і достатньо зносилися, в загальному випадку досягти повної початкової міцності неможливо. Тому зміна міцності при ремонтних впливах буде проходити так, як показано на рис. 2.5.

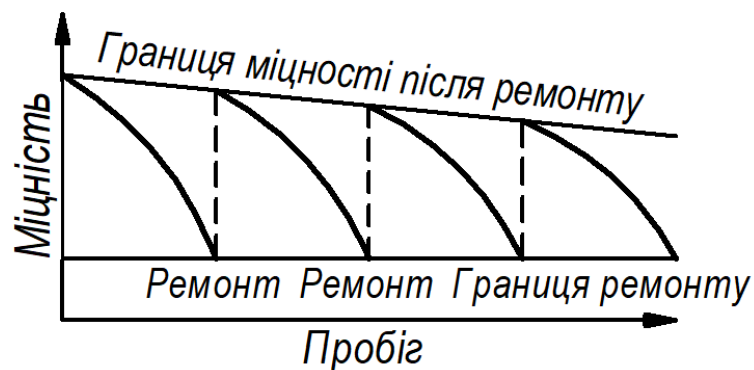


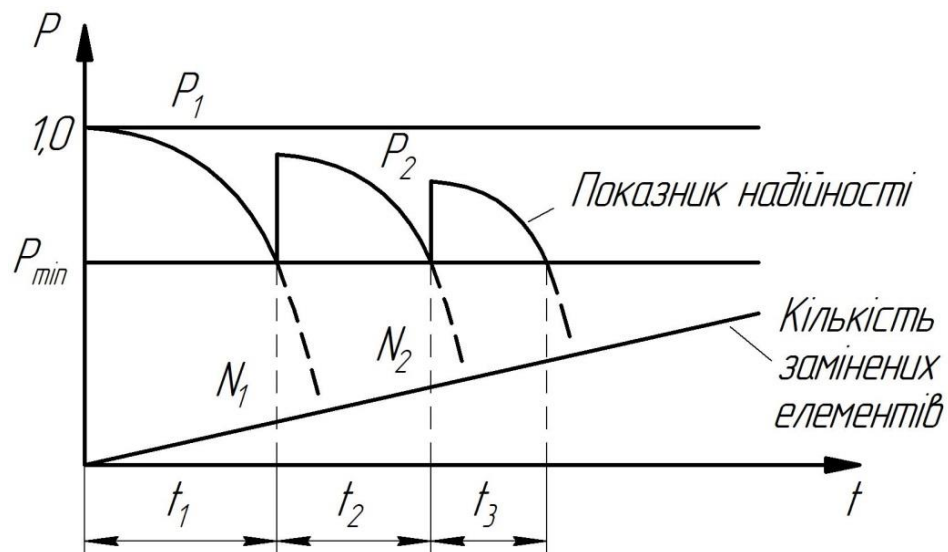
Рисунок 2.5 – Зміна міцності при ремонтних впливах [21].

Границя міцності після ремонту спрямовується донизу, і з часом ремонт перестав відновлювати міцність системи [19].

Черговий ремонт не дозволяє досягти вихідного рівня надійності, і термін експлуатації об'єкта після його ремонту буде меншим, ніж після попереднього ремонту $t_3 < t_2 < t_1$ (рис. 2.6). Таким чином, ефективність кожного наступного ремонту знижується, що веде до необхідності обмеження кількості ремонтів об'єкту [58].

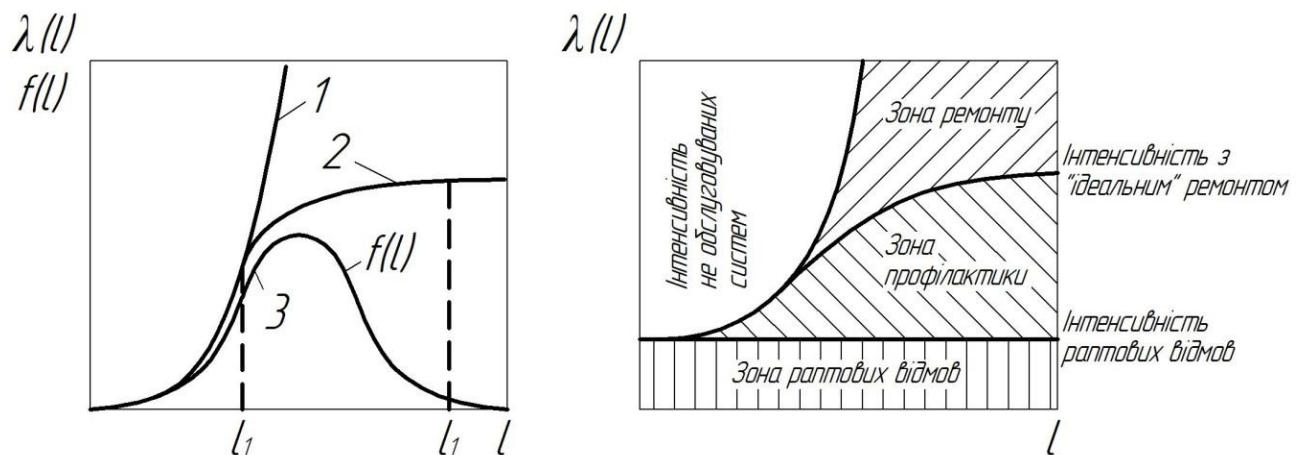
В умовах експлуатації важливим способом зниження кількості відмов і відповідно їх інтенсивності є профілактика. Профілактика, зазвичай, проявляється в регулюванні, заміні деталей або виконанні ремонту до моменту появи відмови. Профілактичні впливи попереджують виникнення відмов, тому рівень, на якому стабілізується параметр потоку відмов при виконанні профілактичного обслуговування, лежить набагато нижче рівня параметра

потоків відмов без профілактики (рис. 2.7) [19].



P – вірогідність безвідмовної роботи об’єкта; P_{min} – мінімально допустимий рівень надійності; N – число замінюваних при ремонті елементів об’єкта

Рисунок 2.6 – Залежність вірогідності безвідмовної роботи об’єкта, що ремонтується від часу експлуатації [59].

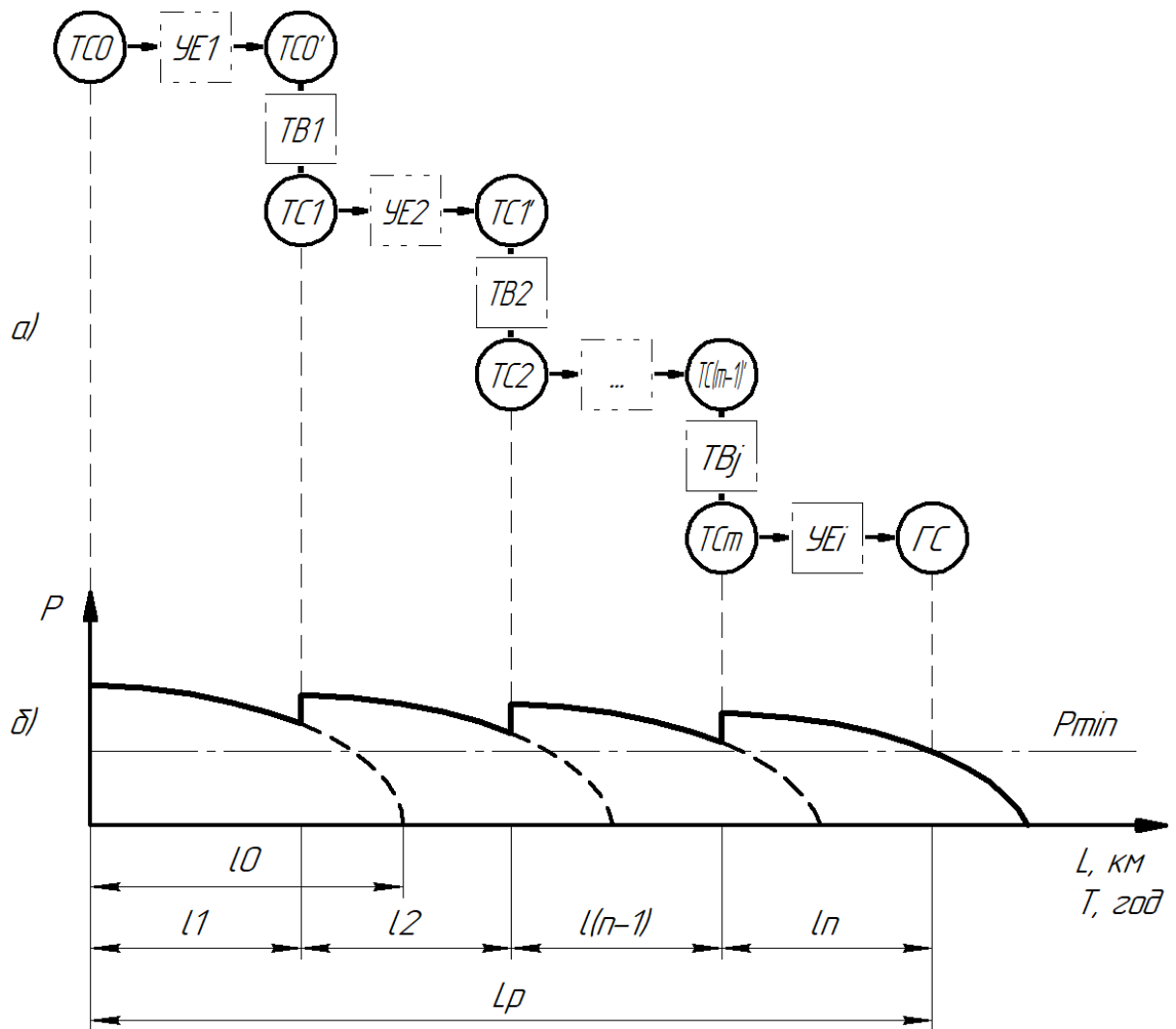


1 – інтенсивність відмов неремонтованих, невідновлювальних систем; 2 – інтенсивність відмов ремонтних систем; 3 – щільність розподілу пробігів між відмовами

Рисунок 2.7 – Поведінка характеристики надійності [19].

Таким чином, загальне зменшення надійності P ТЗ і зміна його ТС від терміну експлуатації L (або T) є природнім безповоротним процесом, який

змінюється під впливом руйнівних процесів під час безпосереднього використання АТЗ (старіння, зношення, корозія, механічні пошкодження та ін.) та умов експлуатації (рис. 2.8).



$TC0$ – початковий технічний стан АТЗ; $YE1, YE2, \dots, YEi$ – умови експлуатації в міжсервісний період використання АТЗ; $TC1, TC2, \dots, TCm$ – технічний стан після проведення технічних впливів; $TC0', TC1', \dots, TC(n-1)'$ – технічний стан перед виконанням технічних впливів; $TB1, TB2, \dots, TBj$ – технічні впливи; $ГС$ – граничний стан; $l0$ – період використання АТЗ без виконання технічних впливів; $l1, l2, \dots, l(n-1), ln$ – період використання АТЗ між виконанням технічних впливів; Lp – період використання АТЗ в виконанням технічних впливів

Рисунок 2.8 – Зміна технічного стану (а) і рівня надійності (б) в період використання АТЗ.

Для продовження терміну служби автомобіля, відповідно до встановленої системи ТО і Р, виконуються відповідні ТВ, які направлені на зменшення дії руйнівних процесів (ТО) або часткового відновлення надійності АТЗ (ремонт). Ці технічні впливи виконуються з періодичністю l , яка менша за період роботи АТЗ без них l_0 . Але загальна кількість ТВ не є нескінченною, оскільки через певний період роботи L_p рівень надійності АТЗ досягне свого мінімального значення P_{min} , який відповідає граничному стану і при якому подальше використання АТЗ як економічно, так і з точки зору безпеки, недоцільно. Хоча, потрібно відмітити, що при L_p , а ні рівень надійності, а ні ресурс АТЗ не дорівнюють нулю.

При цьому всьому, зміна ТС АТЗ є випадковим процесом, що залежить від інтенсивності потоку відмов, який в свою чергу, залежить від конструктивних особливостей АТЗ, умов його експлуатації і рівня якості виконання ТВ.

Конструкційні особливості є наперед заданою величиною, яка характеризує початковий технічний стан $ТС_0$ і рівень надійності АТЗ, а також впливає на їх подальшу зміну в часі.

Умови експлуатації є випадковою величиною, що характеризуються великою кількістю показників, які розглядалися вище (див. розділ 1, пункт 1.1), при цьому вони є свого роду каталізатором переходу $ТС_0$ в $ТС_0'$ за відповідний період l_1 і т.д. (див. рис. 2.8, а).

Технічні впливи відрізняються один від одного, зокрема, переліком і тривалістю технологічних операцій, а також мають різні наслідки на зміну ТС і рівень надійності АТЗ. Так, правильно виконані технічні впливи, їх періодичність та параметри, за якими проводиться коригування періодичності ТО, позитивно впливають на ТС і надійність АТЗ (див. рис. 2.8, б).

2.2 Вибір параметрів для коригування періодичності ТО

Для визначення оптимальної періодичності ТО, за якої буде виконуватися попередження відмов і несправностей АТЗ, необхідно вибрати показники, які б комплексно характеризували вплив ТО, а також різних експлуатаційних чинників на ТС АТЗ.

Так, виходячи з концепції дій на ТС АТЗ умов експлуатації (рис. 1.1), необхідно визначитись з показниками, що будуть враховувати конструкційні умови, умови утримання та експлуатації.

Конструкційні умови можна врахувати через показник надійності АТЗ. Показник надійності може виражатися через одиничні (кількісні) та комплексні показники. До одиничних показників належать:

Безвідмовність – властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку [44];

Довговічність – властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту [57];

Ремонтпридатність – властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту [57];

Збережуваність – властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції, під час і після зберігання та (чи) транспортування [57].

Крім одиничних показників, що характеризують тільки одну властивість надійності, ще застосовуються комплексні показники, що оцінюють декілька властивостей надійності одночасно. До них відносяться, зокрема, коефіцієнти готовності і технічного використання.

Коефіцієнт готовності K_T – імовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено [57]:

$$K_{\Gamma} = \frac{t_{\Sigma PC}}{t_{\Sigma PC} + t_{\Sigma P}}, \quad (2.5)$$

де $t_{\Sigma PC}$ – сумарний час перебування виробу в працездатному стані в інтервалі напрацювання між плановими ТО;

$t_{\Sigma P}$ – сумарні простої в ремонті після відмов [59].

Що ж стосовно простоїв в ТО, то вони вважаються плановими, тобто автомобіль в цей період планово не використовується.

Коефіцієнт технічного використання K_{TB} – відношення математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта у працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані та у простоях, зумовлених технічним обслуговуванням і ремонтом за той самий період [58].

$$K_{TB} = \frac{t_{\Sigma PC}}{t_{\Sigma PC} + t_{\Sigma P} + t_{\Sigma TO}}, \quad (2.6)$$

де $t_{\Sigma P}$, $t_{\Sigma TO}$ – сумарна тривалість простою автомобіля в ремонті та при технічних обслуговуваннях [59].

Таким чином, коефіцієнт технічного використання являє собою ймовірність того, що виріб буде працездатним в довільно вибраний момент часу при заданому напрацюванні [58].

Як видно із порівняння K_{Γ} і K_{TB} , коефіцієнт готовності – це той же коефіцієнт технічного використання, але визначається за період між плановими ТО [58].

Таким чином коефіцієнт технічного використання K_{TB} приймається за показник, що буде враховувати конструкційні умови ТЗ оскільки:

- математичне сподівання сумарного часу перебування ТЗ в працездатному стані $t_{\Sigma PC}$ залежить від загального рівня його

надійності, зокрема безвідмовності, довговічності та збережуваності, що в свою чергу напряму залежать від конструкції ТЗ і закладаються на етапі проектування;

- математичне сподівання сумарного часу простою в ремонтах $t_{\Sigma P}$ і при профілактичних обслуговуваннях $t_{\Sigma TO}$ характеризуються ремонтпридатністю ТЗ і придатністю його компонентів до виконання відновлювально-обслуговуючих операцій, що теж залежить від конструкційних особливостей певного ТЗ.

Умови утримання, що характеризують придатність ВТБ експлуатуючого або обслуговуючого підприємства, можливість виконання відповідних ТВ, а також умови його зберігання можна виразити через ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ – це імовірність того, що протягом заданого наробітку відмова об'єкту не виникне в заданому інтервалі часу і може бути визначена [15]:

$$P(t) = 1 - \frac{N_P(t)}{N_P(t) + N_{TO}(t)}, \quad (2.7)$$

де $N_P(t)$ і $N_{TO}(t)$ – відповідно кількість ремонтів і дій технічного обслуговування за певний період роботи автомобіля t .

Як видно з виразу (2.7), ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ враховує кількість ТО і Р автомобіля в заданий період часу, що в свою чергу напряму залежать від ефективності прийнятої на експлуатуючому підприємстві системи ТО і Р, а також якості виконання обслуговуючо-ремонтних операцій, які залежать зокрема від ВТБ. Крім того, умови зберігання також впливають на виникнення відмов, а отже кількість ремонтних дій.

Стосовно показників, що характеризують умови експлуатації, то важливим завданням є вибрати такий показник, який можна кількісно визначити і який комплексно виражав би характер роботи АТЗ. Проаналізувавши роботи, Кузнєцова Є.С. [21], Арініна І.М. [60], Говорущенка

М.Я. [19, 61], Єсюніна Є.Г. [62], Воркута А.І. [63] та інших, було зроблено висновок, що фактори та умови експлуатації прямо впливають на кінцевий продукт діяльності АТЗ, тобто обсяг перевезень. Так, обсяг транспортної роботи W , що виражений у ткм для одного вантажного автомобіля, можна визначити як [21, 63, 64]:

$$W = D_P \cdot \alpha_B \cdot q \cdot \gamma \cdot L_{CD} \cdot \beta, \quad (2.8)$$

де D_P – тривалість звітного періоду, дні;

α_B – коефіцієнт випуску, що визначає долю календарного часу (днів) протягом якого автомобіль (або парк автомобілів) фактично виконує транспортну роботу на лінії:

$$\alpha_B = \frac{D_E}{D_E + D_{TOP} + D_H}, \quad (2.9)$$

де D_E – кількість днів (часу) коли автомобіль знаходиться в експлуатації (на лінії), дні (год);

D_{TOP} – кількість днів (часу) коли автомобіль знаходиться в ремонті, виконується ТО або їх очікування, дні (год);

D_H – кількість днів (часу) коли автомобіль знаходиться в справному стані, але не використовується (вихідні дні, відсутність роботи або персоналу), дні [21].

q – вантажопідйомність автомобіля, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля:

$$\gamma = \frac{q_B}{q}, \quad (2.10)$$

де q_B – кількість перевезеного вантажу за одну їздку, т;

$$q_B = \frac{Q}{n}, \quad (2.11)$$

де Q – загальна кількість перевезеного вантажу за звітний період, т;

n – кількість їздок за звітний період;

L_{CD} – середньодобовий пробіг, км;

$$L_{CD} = \frac{L_3}{D_E}, \quad (2.12)$$

де L_3 – загальний пробіг автомобіля, км;

β – коефіцієнт використання пробігу:

$$\beta = \frac{L_B}{L_3}, \quad (2.13)$$

де L_B – пробіг автомобіля з вантажем, км [60].

Як видно з виразу (2.8), такі параметри як D_P і α_B характеризують ефективність організаційних процесів на виробництві, q задається технічною характеристикою автомобіля, L_{CD} є випадковою величиною і залежить від дорожніх умов експлуатації і організації перевезень, а коефіцієнти γ і β уточнюють інтенсивність використання АТЗ за звітний період, де γ враховує завантаженість автомобіля, в тому числі і перевантаженість, а β враховує шлях пройдений автомобілем з вантажем, тобто період використання автомобіля за призначенням. Останні два параметри в сумі будуть виражати інтенсивність використання автомобіля, а отже і ефективність. Задавши їм значення, що відповідатимуть нормальним умовам експлуатації автомобіля за яких забезпечується рівень безвідмовної роботи $P(t) = 1$, їх можна застосовувати для порівняння з реальними показниками.

Дане відношення дасть нам можливість визначити коефіцієнт, що обернено-пропорційний коефіцієнту інтенсивності використання обладнання (машини) що характеризує на скільки ефективно використовується певне обладнання (машина, а в нашому випадку – автомобіль) відносно його технічної характеристики і визначається зокрема

відносно [65, 66]:

- загального часу використання

$$K_{int} = \frac{\Phi_o}{\Phi_p} \quad (2.14)$$

де Φ_o – дійсний фонд робочого часу обладнання за певний період;

Φ_p – фонд робочого часу обладнання за певний період.

- загального обсягу виробленої продукції

$$K_{int} = \frac{A}{A_{\Pi}} \quad (2.15)$$

де A – обсяг виробленої продукції за певний період;

A_{Π} – плановий обсяг виробництва продукції за певний період при базових налаштуваннях обладнання.

- загальної кількості робочих циклів

$$K_{int} = \frac{N_p}{N_z} \quad (2.16)$$

де N_p – кількість виконаних робочих циклів обладнанням;

N_z – запланована кількість робочих циклів обладнання.

Коефіцієнт інтенсивності використання обладнання не прив'язаний до конкретних одиниць вимірювання і може використовуватися з різною метою, в такому випадку він може характеризувати інтенсивність використання автомобіля з точки зору обсягу виконаної ним транспортної роботи, що характеризуватиметься коефіцієнтами γ і β .

Безпосередньо для можливості коректувати періодичність ТО виходячи з інтенсивності використання АТЗ, коефіцієнт інтенсивності повинен мати

обернену форму, для цього введемо параметр – коефіцієнт потенційного використання, вираз якого матиме вигляд:

$$K_{пв} = \frac{1}{K_{int}} = \frac{\gamma_n \cdot \beta_n}{\gamma_\phi \cdot \beta_\phi}, \quad (2.17)$$

де K_{int} – коефіцієнт інтенсивності використання обладнання або машини;

γ_n і β_n – коефіцієнти використання вантажопідйомності автомобіля і пробігу за нормальних умов, коли досягаються максимальна транспортна робота і коефіцієнт безвідмовності автомобіля;

γ_ϕ і β_ϕ – фактичні коефіцієнти використання вантажопідйомності автомобіля і пробігу.

На основі статистичного аналізу умов використання автомобілів у ТОВ «Автобудкомплекс-К» встановлено що фактичне значення коефіцієнта використання вантажопідйомності γ_ϕ лежить в межах 0,51...0,94 для самоскидів і 0,75...0,95 для міксерів, а коефіцієнта використання пробігу $\beta_\phi = 0,48...0,52$ для обох груп автомобілів. Оскільки коефіцієнт використання пробігу β є практично постійною величиною для даного виду перевезень, то приймаємо рішення, що нормальне його значення дорівнює 0,5 (що характерно для маятникових маршрутів), а подальший аналіз проводимо відносно коефіцієнта використання вантажопідйомності γ .

Згідно даних про обсяг транспортної роботи і кількості відмов у ТОВ «Автобудкомплекс-К» встановлено, що автомобілі, які перевезли більшу кількість вантажу, мали більшу кількість відмов. Було відібрано автомобілі з найбільшою кількістю відмов, що припадала на 1000 т перевезеного вантажу, і розраховано їхню ймовірність безвідмовної роботи за звітній період, що в середньому склала $P(t) = 0,368$. Якщо прийняти за основу $P(t) = 0,368$ при $\gamma = 1$, то згідно формули (2.15) можна визначити γ при $P(t) = 0,5$, що в теорії надійності вважається мінімально допустимою величиною ймовірності безвідмовної роботи (див. рис. 2.9).

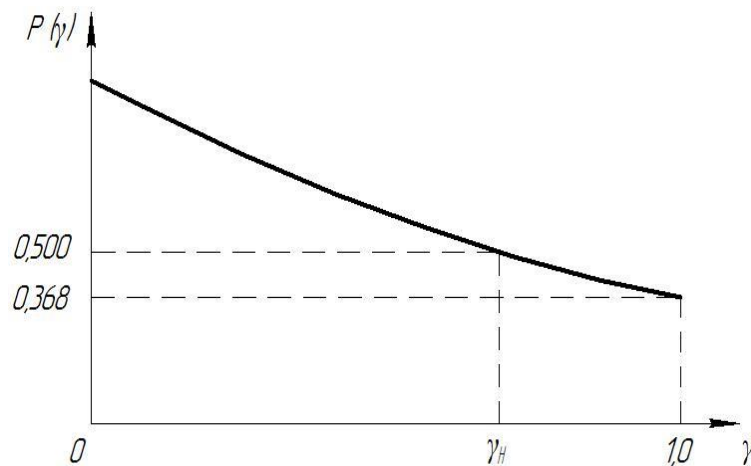


Рисунок 2.9 – Графічна інтерпретація зміни ймовірності безвідмовної роботи від коефіцієнта використання вантажопідйомності.

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2.18)$$

де e – основа натурального логарифма;

λ – умовна густина імовірності виникнення відмови об'єкта, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникла [58]:

$$\lambda = \frac{1}{T_0}, \quad (2.19)$$

де T_0 – середній час (пробіг) безвідмовної роботи, год (км).

Таким чином, при $P(\gamma) = 0,5$ коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля становитиме $\gamma_H = 0,693$ і саме це значення приймаємо для розрахунків.

На основі вище сказаного, прийmemo коефіцієнт потенційного використання автомобіля $K_{ПВ}$ за параметр, що характеризує інтенсивність використання автомобіля при виконанні ним певної роботи (в нашому випадку вантажного циклу), відносно нормальних умов, коли забезпечується його максимальна безвідмовність по технічним причинам. Цей параметр відображає відношення нормального обсягу транспортної роботи автомобіля, при якому задана періодичність ТО дозволяє забезпечити високий рівень

безвідмовної роботи автомобіля, до фактичного.

В такому випадку, маючи всі необхідні значення, можна концептуально сформулювати вираз, для визначення коефіцієнта коригування періодичності ТО:

$$K = A \cdot K_{ТВ} + B \cdot P(t) + C \cdot K_{ПВ}, \quad (2.20)$$

де A , B і C – вагові коефіцієнти, що підлягають визначенню.

2.3 Визначення вагових коефіцієнтів для коригування періодичності проведення ТО

Попередньо було визначено концептуальну методику для корегування періодичності виконання ТО, що враховує конструкційні умови експлуатації через коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$, умови утримання через ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$, а також транспортні умови експлуатації через коефіцієнт потенційного використання $K_{ПВ}$. Але дані показники неоднаково впливають на ТС АТЗ і тому потребують коректування, виходячи із їх значущості. При цьому накладається умова:

$$A + B + C = 1. \quad (2.21)$$

У такому випадку має місце багатокритеріальна задача, рішенням якої будуть коефіцієнти ієрархії (вагові) – інтегральні характеристики факторів, що впливають на предмет або об'єкт, що вивчається [67].

Для вирішення даного завдання найчастіше використовують методи експертних оцінок (експертний метод), метод використання показника варіації (варіаційний метод) та метод визначення закону розподілу [68].

Останні два можуть застосовуватися при наявності певної кількісної статистичної інформації. А у випадку, коли статистична інформація про досліджувані показники відсутня або її не можна кількісно виразити, то використовується один із різновидів методу експертних оцінок.

2.3.1 Вибір і обґрунтування методу експертних оцінок

У разі використання методу експертних оцінок спочатку необхідно визначитися з метою, для якої його використовують. У нашому випадку, це визначення питомої ваги впливу коефіцієнта технічного використання $K_{ТВ}$, ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ і коефіцієнта потенційного використання $K_{ПВ}$ на технічний стан АТЗ за умови, що їх сума дорівнюватиме 1.

Для цього можна застосовувати індивідуальні (персональні) експертні оцінки та групові (колективні) експертні оцінки.

Індивідуальність опитування полягає в тому, що експерти не збираються разом, незнайомі з оцінками інших експертів, різних експертів можуть опитувати відносно різних аспектів однієї проблеми, нарешті, опитування різних експертів може проводитись за різними процедурами [69]. При цьому використовують різні методи, зокрема: інтерв'ю та аналітичні оцінки.

Метод інтерв'ю передбачає бесіду організатора експертизи зі спеціалістом-експертом у певній галузі знань, що проводиться у відповідності за заздалегідь розробленою програмою. Організатор ставить перед експертом питання відносно перспектив розвитку об'єкту прогнозування. В процесі проведення індивідуального опитування програма дослідження може неодноразово корегуватися внаслідок отримання нової інформації на проміжних етапах дослідження [69].

Метод аналітичних записок проводиться у письмовій формі (анкета) шляхом надсилання експерту питань із зацікавленої проблематики, на які повинні бути отримані однозначні відповіді. Питання можуть бути як відкритого, так і закритого типу. В останньому випадку повинні бути запропоновані варіанти відповідей [69].

Основними перевагами розглянутих методів є можливість максимального використання потенційних можливостей експертів та незначний психологічний тиск, який чиниться на спеціалістів [69].

Суттєвим недоліком методу індивідуальних експертних оцінок є те, що

не кожний експерт бере на себе відповідальність самостійно дати оцінку складним явищам (процесам, об'єктам) без урахування думок інших експертів. Власне відсутність наукових зв'язків між експертами, обмеженість знань окремих спеціалістів робить розглянуті методи мало придатними для прогнозування найбільш складних загальних стратегій [69].

При використанні методу колективних експертних оцінок, використовують метод комісій і метод Дельфі.

Суть методу комісії полягає в тому, що спеціалісти, які входять до однієї групи, погоджують свою думку про стан будь-якого об'єкта в майбутньому або шляхах і методах досягнення цілей у відкритій дискусії, найчастіше за круглим столом [69].

В ході проведення дискусії узгоджуються думки всіх експертів і розробляється загальний експертний висновок на основі консенсусу [69].

Колективна думка експертів в результаті дискусії визначається шляхом відкритого або таємного голосування. В деяких випадках до голосування не вдаються, коли загальна думка виявляється в процесі дискусії [69].

На відміну від методу комісії, де узгодження думок експертів досягається у відкритій дискусії, метод Дельфі передбачає повну відмову від колективних обговорень, що дозволяє значно знизити вплив таких психологічних факторів, як необхідність приєднання до думок авторитетних спеціалістів, небажання відмовитись від раніш висловлених думок, дотримання суджень більшості тощо [69].

Метод Дельфі характеризується трьома особливостями, що вирізняє його від інших методів колективної експертної оцінки: а) анонімністю; б) регульованим зворотним зв'язком; в) статистичною обробкою даних експертизи [69].

Недоліком даного методу можна вважати тривалість обробки експертної інформації, що передбачає організацію декількох турів опитування. Класичний метод Дельфі передбачає чотири тури опитування. Після кожного туру відповіді експертів узагальнюються, визначається система усереднених

показників і разом з додатковою інформацією результати розрахунків надсилаються експертам, що дозволяє уточнити і скорегувати початкові відповіді. Така процедура повторюється до досягнення прийнятної збіжності сукупності висловлених суджень [69].

Визначившись з методом збору експертних оцінок, далі необхідно визначитися з методом постановки питань і оцінки відповідей. Оскільки параметри ТС АТЗ, що нами розглядаються, є якісними і в свою чергу залежать від різних чинників, то необхідно їх формалізувати.

Для цього вводять вагові коефіцієнти, що представлені в долях одиниці, тобто їх сума дорівнює одиниці або 100 %, що дозволяє легко інтерпретувати значимість впливаючих факторів [67].

В основі більшості застосовуваних на практиці методів лежить опитування експертів з математичною обробкою їх суджень [67]. Розглянемо основні із них.

Пряма розстановка. Експертам пропонується розставити коефіцієнти k_i при відповідних факторах, виходячи з умови $\sum_{i=1}^n k_i = 1$, тобто вирішити задачу безпосередньо [67].

Ранжування факторів. Ранжування дозволяє упорядкувати фактори за ступенем збільшення або зменшення їх впливу на досліджуваний феномен, що цікавить дослідника. Результати ранжування n факторів m експертів можна представити у вигляді матриці:

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{21} & \dots & X_{n1} \\ X_{12} & X_{22} & \dots & X_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{1m} & X_{2m} & \dots & X_{nm} \end{pmatrix} \quad (2.22)$$

Зведені оцінки вагових коефіцієнтів можна отримати в результаті усереднення приватних рангів [67].

Парне порівняння. В цьому методі експертам пропонується порівняти фактори попарно. Інформація від кожного експерта надходить в формі булевої матриці парних порівнянь [67]:

$$\gamma_j = (\gamma_{ik,j}), \quad (2.23)$$

де $i, k = 1, \dots, n$ – фактори, що порівнюються;

$j = 1, \dots, m$ – експерт що виконує порівняння;

$\gamma_{ik,j}$ – результат парного порівняння j -м експертом факторів X_i і X_k може виражатися одиницею або нулем із наступного правила.

Якщо експерт порівнює фактори між собою, то 1 приймається, якщо на думку j -го експерта параметр X_i впливає сильніше ніж X_k , в іншому випадку приймається 0 [67].

Проаналізувавши різні методи експертних оцінок для вирішення поставленої задачі по визначенню вагових коефіцієнтів, з достатнім рівнем довіри до експертних оцінок, було обрано метод аналітичних записок, в зв'язку з неможливістю зібрати достатню кількість експертів в одному місці і в один час, а за математичний апарат – метод ранжування, що дозволить визначити величину впливу чинників, які впливають на ТС АТЗ безпосередньо.

2.3.2 Визначення вагових коефіцієнтів для коригування періодичності проведення ТО методом аналітичних записок

Безпосередньо процес експертизи проведення ТО методом аналітичних записок можна розбити на декілька етапів [67, 69, 70, 71]:

1. Визначення придатності і компетентності експерта.
2. Проведення опитування.

3. Обробка результатів опитування.

4. Визначення узгодженості думки експертів.

На першому етапі кожному експерту виставляють за певним набором критеріїв деяку оцінку за бальною шкалою. Такими критеріями можуть бути, наприклад, фах за освітою з точки зору галузі дослідження, рівень освіти, стаж роботи в галузі, стаж роботи в досліджуваному регіоні, досвід участі в подібних експертизах, рівень ознайомленості з методиками дослідження тощо [71].

В нашому дослідженні зголосилися прийняти участь восьмеро провідних спеціалістів в області технічної експлуатації автомобілів ТОВ «Автобудкомплекс-К».

Для визначення рівня компетентності цих експертів на основі [70, 71, 72] було складено анкету, згідно якої експерти особисто собі виставили оцінки (табл. 2.1).

Ступінь придатності спеціаліста до експертизи по анкетному опитуванню визначалася за коефіцієнтом компетентності:

$$K_a = \frac{\sum V_{ij}}{\sum V_j}, \quad (2.24)$$

де K_a – коефіцієнт компетентності за анкетним опитуванням;

V_{ij} – вага j -ої градації (обраної експертом, що оцінюється) i -їй характеристики, в балах;

V_j – максимальна вага j -ої характеристики, в балах [69].

Сформована робоча група експертів буде компетентною і здатною кваліфіковано вирішувати поставлені перед нею завдання за умови [72, 73]:

$$0,67 \leq M \leq 1, \quad (2.25)$$

де M – рівень компетентності експертної групи, що визначається за формулою:

$$M = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n K_i, \quad (2.26)$$

де n – кількість експертів в групі.

Таблиця 2.1 – Особиста оцінка експертів

Критерій експерта	Варіанти	Оцінка експерта							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Рівень освіти	1 – Кваліфікований робітник; 2 – Молодший спеціаліст / Бакалавр; 3 – Спеціаліст / Магістр; 4 – Кандидат наук / PhD; 5 – Доктор наук.	3	3	3	3	3	3	3	3
Відповідність здобутої фаху до займаної посади	0 – Не відповідає; 1 – Частково відповідає; 2 – Повністю відповідає.	2	2	2	2	2	2	2	2
Загальний стаж роботи в даній галузі	1 – до 5 років; 2 – від 5 до 10 років; 3 – від 10 до 15 років; 4 – від 15 до 20 років; 5 – від 20 до 25 років; 6 – від 25 до 30 років; 7 – від 30 до 35 років; 8 – від 35 до 40 років; 9 – понад 40 років.	9	7	7	6	5	5	5	4
Досвід участі у подібних опитуваннях	0 – не брав участі; 1 – брав участь 1-2 рази; 2 – брав участь 3 і більше разів.	2	2	2	1	1	1	0	0
Рівень ознайомлення з досліджуваним питанням	0 – не ознайомлений; 1 – частково ознайомлений; 2 – добре ознайомлений; 3 – повністю ознайомлений.	3	3	3	3	2	2	2	2

Для оцінки рівня компетентності експертної групи за оцінками, що приведені в таблиці 2.1, визначимо коефіцієнт компетентності експертів за формулою (2.24), а їх значення занесемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта компетентності експертів.

Експерт	Сума балів експерта, ΣV_{ij}	Коефіцієнт компетентності експерта, K_a
1	19	0,905
2	17	0,810
3	17	0,810
4	15	0,714
5	13	0,619
6	13	0,619
7	12	0,571
8	11	0,523
Максимальна кількість балів, ΣV_j	21	Коефіцієнт компетентності групи, $M = 0,696$

Як видно з таблиці 2.2, рівень компетентності самих експертів і всієї групи достатній для використання їхньої думки при визначенні вагових коефіцієнтів.

На наступному етапі експерти дають оцінку рівню впливу чинників, що впливають на ТС АТЗ, що розглядалися в п. 1.1, а саме:

X_1 – конструкційно-технічні властивості АТЗ;

X_2 – якість виготовлення АТЗ;

X_3 – властивості ВТБ;

X_4 – обслуговуючо-ремонтні умови;

X_5 – умови зберігання;

X_6 – транспортні умови;

X_7 – дорожні умови;

X_8 – природо-кліматичні умови.

При використанні методу ранжування експертам потрібно було присвоїти кожному з розглядуваних чинників позицію, що відповідає, на їхню думку, впливу даного чинника на ТС АТЗ за умови, що 1-а позиція – найменший вплив, а 8-а позиція – найбільший. Для цього було розроблено відповідну анкету (Додаток А).

Для визначення вагових коефіцієнтів методом ранжування, згідно [67,

70], необхідно визначити суму балів по кожному критерію, що оцінювався:

$$r_i = \sum_{m=1}^n r_{mi}, \quad (2.27)$$

де r_i – сума балів по i -му критерію;

r_{mi} – кількість балів по i -му критерію від n -го експерта.

Безпосередньо розрахунок коефіцієнтів виконується за формулою:

$$k_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^m r_i} \quad (2.28)$$

Результати даної оцінки, а також розрахунки вагових коефіцієнтів представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані опитування експертів методом ранжування і розрахунок вагових коефіцієнтів.

Чинники	Експерт								Сума рангів, r_i	Ваговий коефіцієнт, k_i
	1	2	3	4	5	6	7	8		
X_1	4	6	4	4	4	4	6	5	37	0,128
X_2	5	5	3	3	3	3	3	4	29	0,100
X_3	3	3	5	2	5	2	4	3	27	0,093
X_4	8	8	7	6	7	6	5	7	54	0,187
X_5	2	2	1	1	2	1	1	1	11	0,038
X_6	6	4	6	5	6	7	7	8	49	0,170
X_7	7	7	8	8	8	8	8	6	60	0,208
X_8	1	1	2	7	1	5	3	2	22	0,076
Всього балів, $\sum r_i$									289	1,000

Оцінка ступеня узгодженості думок експертів оцінювалася для всієї групи експертів коефіцієнтом конкордації [64]:

- для однакових (стандартизованих) рангів:

$$K_{\text{кон}} = \frac{12 \sum_{j=1}^n d_j^2}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{i=1}^m T_i} \quad (2.29)$$

- для неоднакових (стандартизованих) рангів:

$$K_{\text{кон}} = \frac{12 \sum_{j=1}^n d_j^2}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (2.30)$$

де m – число експертів;

n – число факторів;

$\sum_{j=1}^n d_j^2$ – сума квадратів відхилень всіх оцінок рангів кожного об'єкта

експертизи від середнього значення, де d_j визначається за формулою:

$$d_j = S_j - \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n}, \quad (2.31)$$

де $S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij}$ – сума рангів i -го критерію;

T_i – повторюваність однакових рангів, визначається за формулою:

$$T_i = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l), \quad (2.32)$$

де l – кількість груп зв'язаних (однакових) рангів;

t_l – кількість зв'язаних рангів у кожній групі.

Результати розрахунку коефіцієнта конкордації представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт конкордації для методу ранжування.

Чинники	Експерт								Сума рангів, S_j	Відхилення суми від середнього, d_j	d_j^2
	1	2	3	4	5	6	7	8			
X_1	4	6	4	4	4	4	6	5	37	0,88	0,77
X_2	5	5	3	3	3	3	3	4	29	-7,13	50,77
X_3	3	3	5	2	5	2	4	3	27	-9,13	83,27
X_4	8	8	7	6	7	6	5	7	54	17,88	319,52
X_5	2	2	1	1	2	1	1	1	11	-25,13	631,27
X_6	6	4	6	5	6	7	7	8	49	12,88	165,77
X_7	7	7	8	8	8	8	8	6	60	23,88	570,02
X_8	1	1	2	7	1	5	3	2	22	-14,13	199,52
Разом	-	-	-	-	-	-	-	-	289	-	2020,88
Середнє значення	-	-	-	-	-	-	-	-	36,13	-	-
Повторюваність, T_j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
Коефіцієнт конкордації, $K_{кон}$	0,752										

Отримане значення коефіцієнта конкордації свідчить про високу узгодженість думок експертів, так як при $K_{кон} = 1,0$ – повна узгодженість думок експертів, при $K_{кон} = 0$ – узгодженість повністю відсутня [69].

Статистична істотність коефіцієнта конкордації перевіряється за критерієм Пірсона [69]:

$$\chi_p^2 = \frac{12 \sum_{j=1}^n d_j^2}{\left[mn \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m T_i \right]}, \quad (2.33)$$

де χ_p^2 – розрахункове значення Пірсона.

Істотність цього коефіцієнта для нашого випадку склала $\chi_p^2 = 42,10$.

Розрахункове значення χ_p^2 зіставлялося з табличним значення χ_T^2 для $n = 8 - 1$ ступенів свободи та довірчої ймовірності $P = 0,95$, а саме $\chi_T^2 = 14,07$.

Якщо $\chi_p^2 > \chi_T^2$, то коефіцієнт конкордації істотний, якщо ж $\chi_p^2 < \chi_T^2$, то необхідно збільшити кількість експертів [69].

Зважаючи на те, що умова $\chi_p^2 > \chi_T^2$ виконується, то коефіцієнт конкордації думок експертів узгоджений з ймовірністю 95 %.

Враховуючи, що чинники $X_1 - X_8$ є складовими трьох основних груп умов експлуатації, що впливають на ТС АТЗ, то в таблиці 2.5 приведені їх згруповані сумарні значення для подальшого коригування періодичності ТО.

Таблиця 2.5 – Вагові коефіцієнти умов експлуатації.

Умови експлуатації	Чинники	Ваговий коефіцієнт, k_i	Сумарне значення коефіцієнтів
Конструкційні умови	X_1 – конструкційно-технічні властивості АТЗ	0,128	0,228
	X_2 – якість виготовлення АТЗ	0,100	
Умови утримання	X_3 – властивості ВТБ	0,093	0,318
	X_4 – обслуговуючо-ремонтні умови	0,187	
	X_5 – умови зберігання	0,038	
Експлуатаційні умови	X_6 – транспортні умови	0,170	0,454
	X_7 – дорожні умови	0,208	
	X_8 – природо-кліматичні умови	0,076	
Всього		1,000	1,000

2.4 Висновки до розділу 2

1. Періодичність ТО визначається на основі різних параметрів і з різною метою: для забезпечення максимальної безвідмовності, для забезпечення загального рівня безпеки об'єкта обслуговування, для мінімізації витрат на обслуговування тощо. На теперішній час, найбільш вживаним методом визначення періодичності ТО є техніко-економічний, оскільки він враховує

варіацію періодичності і грошових витрат на ТО.

2. Періодичність проведення ТО не повинна бути постійною величиною, тому що в різний момент часу автомобіль по різному експлуатується і його технічний стан змінюється не рівномірно. В свою чергу, умови експлуатації мають багато форм впливу на ТС ТЗ і не завжди можуть бути виміряні кількісно, що потребує застосування комплексних підходів до визначення оптимальної періодичності ТО.

3. Технічний стан автомобіля, його ймовірність безвідмовної роботи і ресурс не є постійними і можуть змінюватися, в процесі експлуатації, в широких межах. Крім впливу зовнішніх умов експлуатації, що є випадковими, на них можна впливати за допомогою організованої системи ТО і Р та процесів використання автомобіля за призначенням. При правильній організації цих процесів можна досягти високих показників технічного стану, ймовірність безвідмовної роботи і ресурсу автомобіля.

4. Проаналізовано умови експлуатації АТЗ в Україні і за допомогою експертного оцінювання визначено основні чинники та розмір їхнього впливу на технічний стан, а саме: 3,8 % – умови зберігання; 7,6 % – природо-кліматичні умови, що характеризують тривалість періодів року, середню температуру, тиск і вологість повітря, кількість опадів; 9,3 % – характеристика ВТБ експлуатаційно-обслуговуючого підприємства, що характеризує спосіб виконання ТО і Р, придатність і досконалість обладнання; 10,0 % – якість виготовлення АТЗ; 12,8 % – конструкційно-технічні властивості, що характеризують тип, компоновку, пристосованість до умов експлуатації АТЗ; 17,0 % – транспортні умови, характеризують вид вантажу, довжину рейсу, умови завантаження і розвантаження; 18,7 % – обслуговуючо-експлуатаційні умови, характеризують ефективність обраної система ТО і Р, кваліфікацію обслуговуючо-експлуатаційного персоналу, якість виконання ТО і Р, якість використовуваних ЗЧ та експлуатаційних матеріалів; 20,8 % – дорожні умови, що представляють тип, стан і рельєф доріг, режим руху, видимість дороги.

5. Теоретично обґрунтовано вибір параметрів, які комплексно

враховують вплив основних експлуатаційних чинників на ТС АТЗ. Так, враховуються конструкційні особливості ТЗ через коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$, умови його утримання через ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$, а умови експлуатації через коефіцієнт потенційного використання $K_{ПВ}$. На їх основі розроблено методику для коригування періодичності ТО, що враховує вплив внутрішніх і зовнішніх експлуатаційних чинників на ТС АТЗ.

6. Встановлено, що обрані умови експлуатації по різному впливають на ТС АТЗ і тому виникає потреба в їхньому безпосередньому коригуванні. Визначення коригуючих (вагових) коефіцієнтів здійснювалося на основі методу експертних оцінок, для якого було зібрано групу експертів з коефіцієнтом компетентності $M = 0,696$, узгодженість їхніх думок за коефіцієнтом конкордації склала $K_{кон} = 0,725$ і була перевірена за критерієм Пірсона.

РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТО НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АТЗ

3.1 Статистична обробка результатів дослідження ресурсу автотранспортних засобів

Аналіз реального ресурсу вантажних автомобілів проводився на основі зібраної на підприємстві ТОВ «Автобудкомплекс-К» статистичної інформації про технічну експлуатацію і ремонт рухомого складу, зокрема: Mercedes-Benz, MAN, DAF, Volvo, КрАЗ, КамАЗ, МАЗ та ЗІЛ. Основна спеціалізація даних автомобілів – це самоскиди, міксери, тягачі-панелевози та тягачі-самоскиди. Автомобілі кожної марки закуповувались в різні роки, але однією партією, а отже почали експлуатуватися майже одночасно.

В якості дослідних об'єктів було обрано однотипні автомобілі сімейства КамАЗ 53229 і DAF 85 CF-380 в специфікації самоскид і міксер, оскільки перші, на теперішній час, повністю виконали напрацювання до капітального ремонту, а останні, серед автомобілів іноземного виробництва, мають найбільший період напрацювання (приблизно 600 тис. км пробігу), проте є можливість зробити висновок про їхній реальний ресурс на теперішній момент часу від очікуваного.

На основі обробленої статистичної інформації про характер і момент настання відмов було визначено середній наробіток на відмову основних систем автомобілів як в кілометрах, так і в годинах роботи, та імовірність працездатного стану. Дана інформація наведена в додатку Б.

Для кожної марки і моделі автомобіля на підприємстві розроблені комплекси технічних дій для підтримання їх в працездатному стані. В основу цих комплексів лягли рекомендації заводів виробників, а також досвід експлуатації подібної техніки спеціалістами «Автобудкомплекс-К». Але навіть за таких умов відмови на автомобілях трапляються.

У кожного з представлених автомобілів зниження очікуваного

напрацювання на відмову індивідуальне, що характеризується їх конструктивними особливостями та умовами експлуатації. За період напрацювання на відмову приймається середній наробіток на відмову T – математичне сподівання наробітку об'єкта до першої відмови [57], що для N -досліджуваних об'єктів визначається за формулою:

$$T = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n t_{ij}}{\sum_{j=1}^N n_j}, \quad (3.1)$$

де t_{ij} – час справної роботи j -го об'єкта між $(i - 1)$ -ю та i -ю відмовами;

n_j – число відмов j -го об'єкта за час t .

Для визначення очікуваного періоду напрацювання приймаються за t_{ij} – ресурс основних елементів конструкції АТЗ згідно сервісної документації заводів виробників, а за n_j – кількість основних елементів конструкції АТЗ, що приймають участь в його експлуатації за весь період дослідження.

В таблиці 3.1 представлено відсоткове значення зниження очікуваного напрацювання на відмову відносно фактичного.

Таблиця 3.1 – Відсоток зниження очікуваного напрацювання на відмову відносно фактичного.

Елементи конструкції автомобіля		DAF 85 CF-380	КамАЗ 53229	DAF 85 CF-380	КамАЗ 53229
		Самоскид		Міксер	
1	Двигун і навісне обладнання	10,7	3,8	2,9	4,8
2	Трансмісія	2,3	5,7	2,0	4,5
3	Ходова частина	8,0	7,9	14,6	7,1
4	Рульове керування	2,3	3,7	1,7	2,8
5	Гальмівна система	0,4	2,7	0,4	2,1
6	Електрообладнання	6,4	7,6	2,1	3,9
7	Шасі	0,0	2,2	0,5	2,5

Загалом, представлені значення досить подібні для більшості елементів конструкції автомобілів одного сімейства, але є суттєві відмінності. Так, відсоток зниження фактичного напрацювання на відмову двигуна і навісного обладнання автомобілів DAF у специфікації самоскид перевищує на 7,8 % аналогічний для міксерів. В той же час у автомобілів DAF міксерів присутнє значне зниження напрацювання на відмову по ходовій частині на 6,6 %. Також має місце зниження напрацювання на відмову по електрообладнанню автомобілів самоскидів DAF і КамАЗ в порівнянні з міксерами на 4,5 і 3,7 % відповідно.

Подібна тенденція обумовлена, в першу чергу, тим, що в свій час ремонтно-експлуатаційна служба «Автобудкомплекс-К» експериментувала із аналогами складових компонентів для ТО саме цих автомобілів і систем з метою пошуку більш дешевих замінників, які виявилися не достатньо якісними і надійними.

Крім того, відмови у навісному обладнанні самоскидів також зумовлені сильною запиленістю оточуючого середовища, в якому вони значний період часу знаходяться. У міксерів із-за більшої вібрації, від роботи приводних механізмів і самого міксера, а також дорожніх умов експлуатації має місце більша кількість відмов по ходовій частині. Проблеми з електрообладнанням у самоскидів частково пов'язані із запиленістю оточуючого середовища, коли пил потрапляє, зокрема, в «коси» електромережі і пришвидшує процес їхнього перетирання, а частково із-за дорожніх умов експлуатації, оскільки вони часто рухаються по тимчасовим дорогам покритим щебнем або гравієм, який вилітає з під коліс інших автомобілів і розбиває або пошкоджує освітлювальні елементи і виводить їх з ладу.

На основі проведеного аналізу, по встановленню реального ресурсу елементів конструкції автомобілів, також було встановлено їхні закони розподілу ймовірності появи відмов. Для цього було використано програмне забезпечення Statistica 10.

Визначення законів розподілу відбувалося на основі аналізу графічного вигляду гістограми потоку відмов та квантильного графіку, що характеризує

відхилення величини, що досліджується, від теоретичного очікуваного значення [74].

Після графічного аналізу висувалося припущення про відповідність отриманих даних тому чи іншому закону розподілу. Це припущення перевірялося за допомогою інструментів програмного забезпечення Statistica 10 відповідно для кожного очікуваного закону.

Так, для нормального закону розподілу, перевірка відбувалася за коефіцієнтом значущості p , котрий вказував на ймовірність того, що статистична вибірка даних перевищує ймовірність утворення випадкового числа за прийнятим законом розподілу. Оскільки в техніці найчастіше приймають 5-% рівень значущості, тоді якщо розрахований рівень значущості буде перевищувати цю межу (тобто $p > 0,05$), то припущення про відповідність закону розподілу є правдивим [62].

Крім того, додатково застосовувалися критерій нормальності Шапіро-Уїлка (що базується на оптимальній лінійній незміщеній оцінці дисперсії до її звичайної оцінки методом максимальної подібності) і критерій Пірсона. Критерій нормальності Шапіро-Уїлка, як і коефіцієнт значущості p , повинен бути більше 5 %, щоб прийняти припущення про приналежність статистичної вибірки до нормального закону розподілу. А от розрахований критерій Пірсона χ_p^2 необхідно порівняти із його табличним значенням χ_T^2 (що являє максимальну критичну суму) і за умови, що $\chi_p^2 \leq \chi_T^2$ припущення про приналежність вибірки до нормального закону приймається як достовірне [74, 75].

У випадку, коли момент виникнення відмови підпорядковується розподілу Вейбула, то перевірка його правдивості перевіряється за коефіцієнтом детермінації R^2 та критерієм згоди Холландера-Прошана [74]. Коефіцієнт детермінації – це доля дисперсії залежної перемінної від пояснювальних змінних. Його часто розглядають, як універсальну міру залежності однієї залежної величини від випадкової множини інших. Даний коефіцієнт лежить в межах від 0 до 1, і чим ближче його значення до 1 (але не

менше 0,5), тим більш надійним буде судження про відповідність статистичної вибірки до запропонованого закону розподілу.

Критерій згоди Холландера-Прохана порівнює теоретичну функцію надійності з оцінкою Каплана-Майєра. Він використовує повні, одноразово або багаторазово цензуровані вибірки даних [75]. Так само, як коефіцієнт детермінації, критерій Холландера-Прохана лежить в межах від 0 до 1, а більше його значення вказує на повноту згоди із запропонованим припущенням, що статистична вибірка даних відповідає запропонованому закону розподілу.

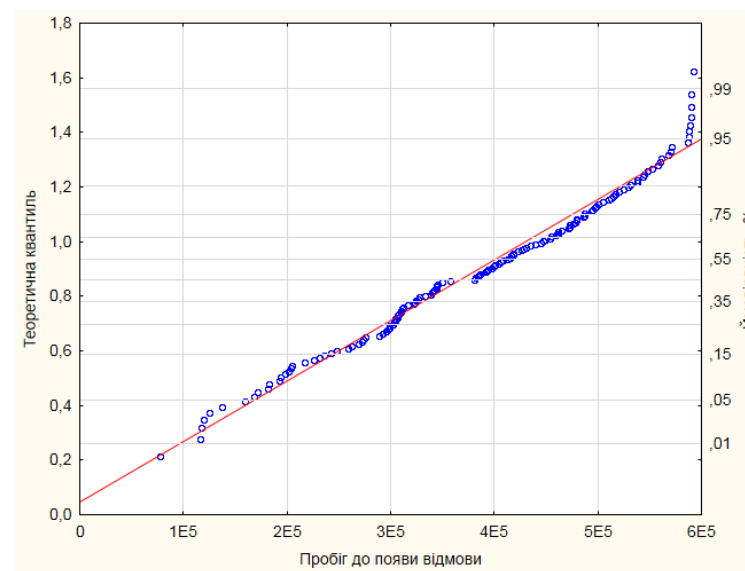
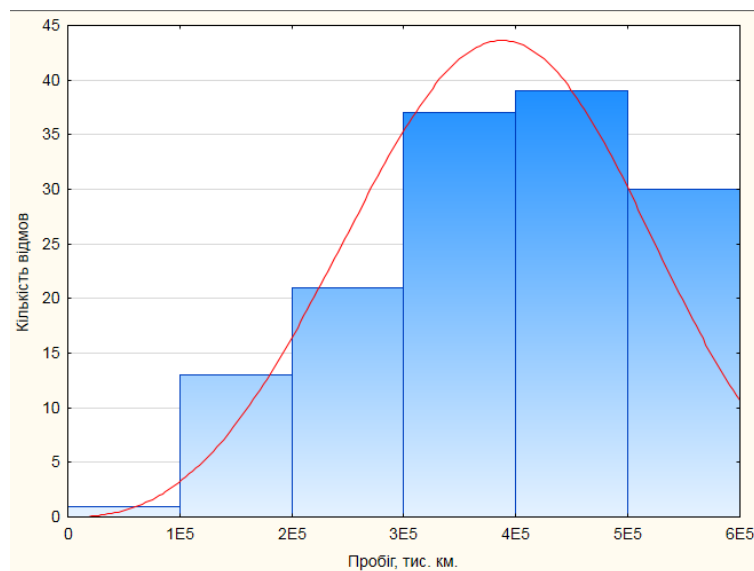
На основі приведеної вище методики були визначені закони розподілу виникнення відмов для основних систем автомобілів DAF і КамАЗ, результати яких представлені в додатку В.

На основі загального потоку відмов було визначено загальну функцію закону розподілу для всіх автомобілів. Окремо слід відзначити, що для автомобілів DAF, ця функція буде справедлива на теперішній момент часу, оскільки вони ще не напрацювали повний запланований період. Дані результати представлені в таблиці 3.2 і на рисунках 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальна характеристика появи відмов для автомобілів DAF і КамАЗ.

Авто- мобіль	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє- квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт масштабу λ	Коефіцієнт форми k	Коефіцієнт детермінації R^2	Критерій згоди Холландера- Прохана
DAF 85 CF-380 (самоскид)	Вейбула $f(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}$	384,545	128,318	428460,4	3,4	0,9882	0,772
DAF 85 CF-380 (міксер)		401,819	126,203	445624,3	3,7	0,9780	0,639
КамАЗ 53229 (самоскид)		256,912	96,408	287714,5	3,0	0,9748	0,542
КамАЗ 53229 (міксер)		268,472	86,400	298825,1	3,6	0,9715	0,584

а)



б)

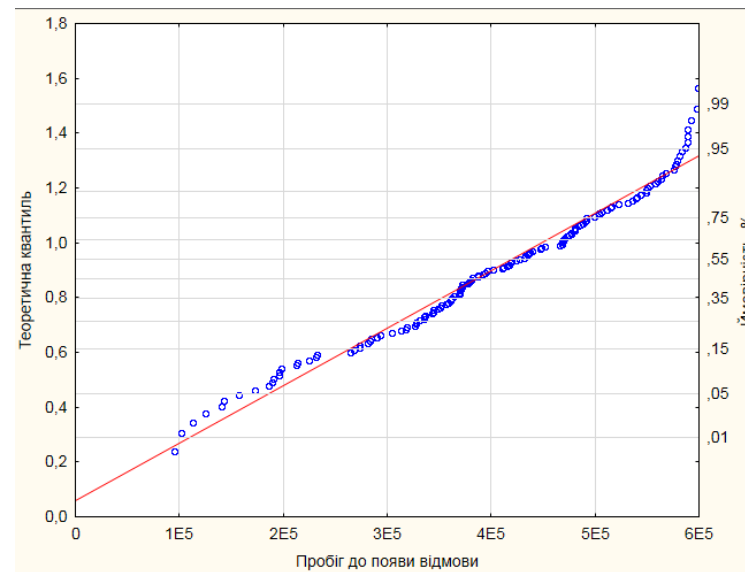
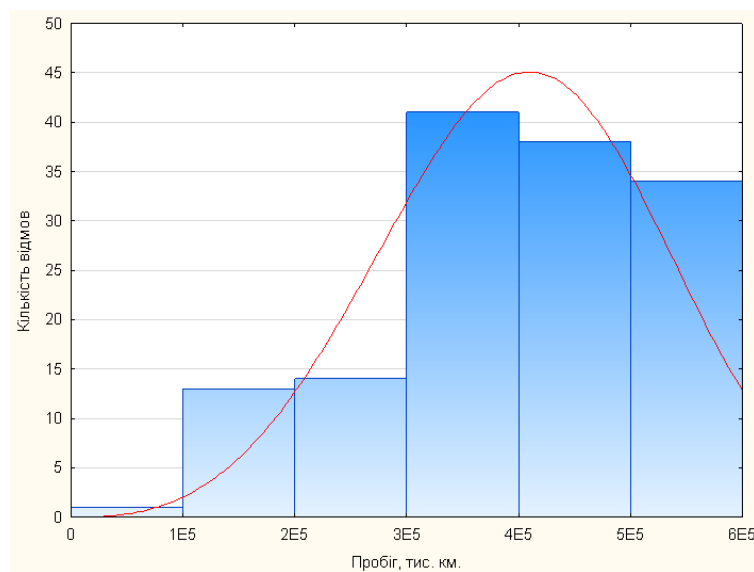
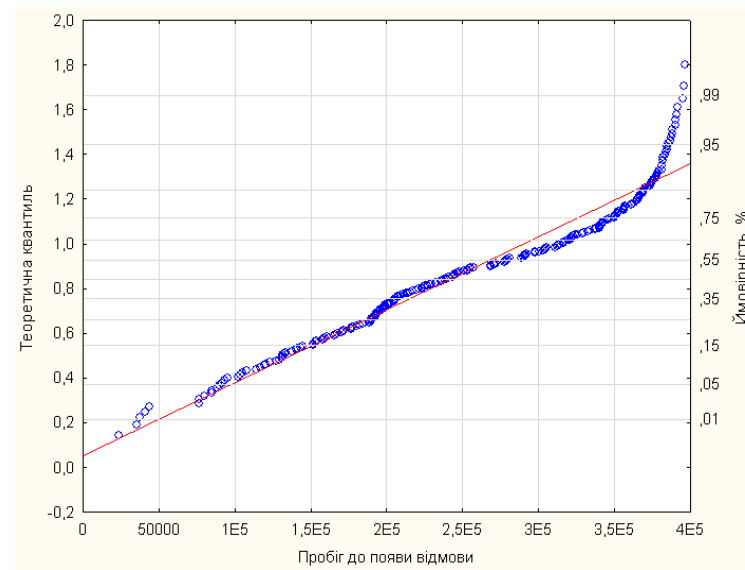
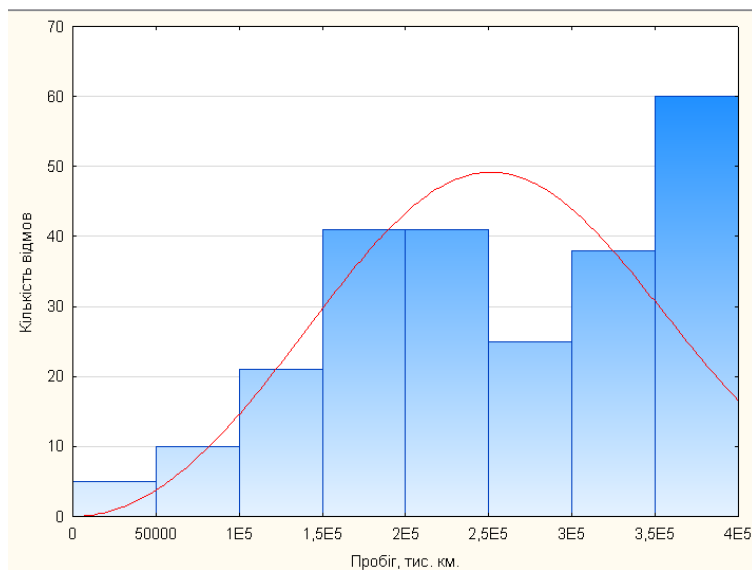


Рисунок 3.1 – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля DAF 85 CF-380: а –самоскид; б –міксер.

а)



б)

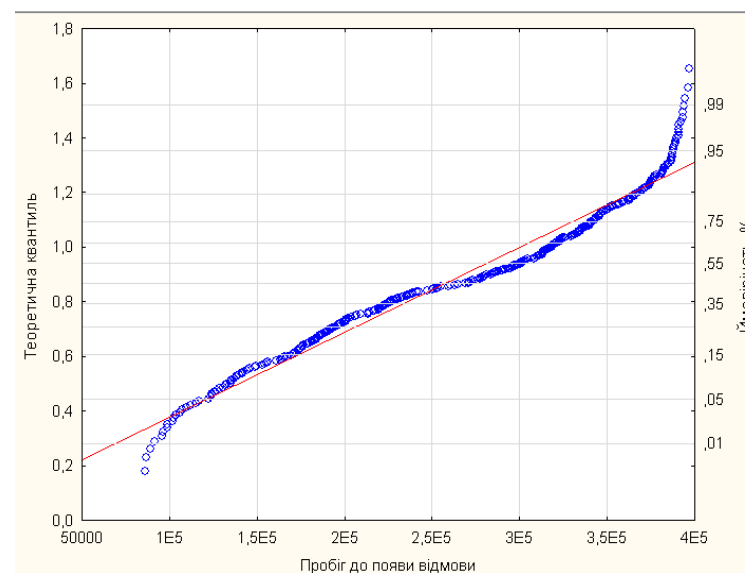
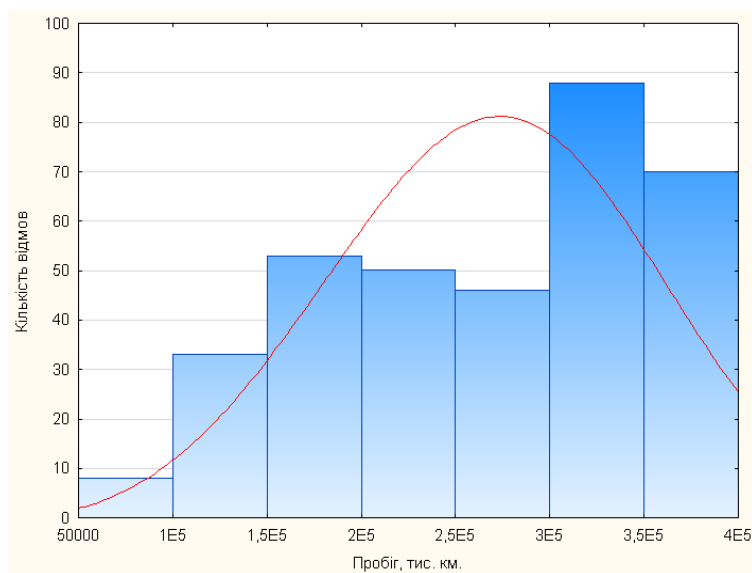


Рисунок 3.2 – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля КамАЗ 53229: а самоскид; б –міксер.

На основі встановленого потоку відмов для автомобілів, що розглядаються, можна перевірити адекватність запропонованої в розділі 2 методики корегування періодичності ТО з метою попередження великої кількості відмов цих автомобілів.

3.2 Коректування періодичності ТО

Для перевірки адекватності запропонованої методики було розроблено математичну модель, що на основі статистичних даних генерує випадкові транспортні процеси і інтенсивність виникнення відмов, враховуючи які визначається коригуючий коефіцієнт періодичності технічного обслуговування. Загальний вигляд алгоритму даної моделі представлено на рисунку 3.3.

Відповідно до запропонованої математичної моделі було проведено коригування періодичності ТО для контрольної групи автомобілів сімейства КамАЗ і DAF у специфікації самоскид і міксер (по 6 одиниць кожного типу), дані попередження відмов яких представлено в таблиці 3.3.

Як видно з даних таблиці 3.3, запропонована методика коригування періодичності ТО дає можливість гарантовано уникнути 52,9 % відмов, а якщо обов'язково виконувати діагностування при кожному ТО, то кількість відмов можна ще скоротити на 24,4 %.

Найкращі результати попередження відмов показують автомобілі в специфікації міксер. Це пояснюється тим, що в них періодичність ТО визначається не тільки в кілометрах пробігу, а й в мото-годинах, що більш точно визначає період їхнього користування. Інші відмови, в більшості, несуть випадковий характер, що утруднює їхнє попередження.

Оскільки спостерігається позитивна тенденція до зниження відмов, на основі статистичних і розрахункових значень можна провести оптимізацію періодичності відмов, з метою гарантованого запобігання більшості відмов.

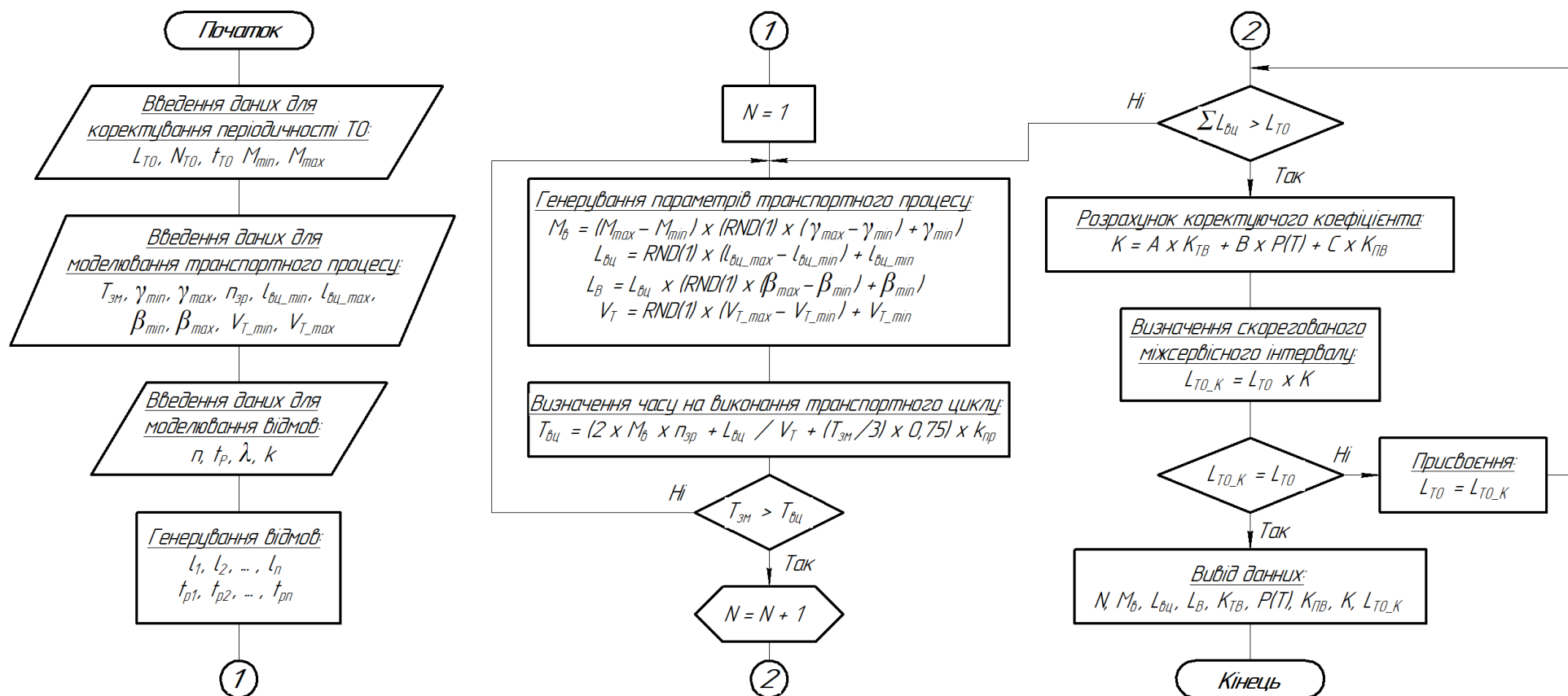


Рисунок 3.3 – Алгоритм розрахунку коефіцієнта K для коригування періодичності ТО на основі даних про роботу АТЗ.

Таблиця 3.3 – Статистика попередження відмов

Автомобіль	Середня кількість відмов до коректування періодичності ТО	Середня кількість відмов після коректування періодичності ТО	Можливі попереджені відмови	Запланована періодичність ТО, тис.км.(мото-год.)	Середнє значення коректуючого коефіцієнта, K	Середня скоригована періодичність ТО, тис.км.(мото-год.)	Загальний час простою в ремонті до коректування періодичності ТО, год.	Загальний час простою в ремонті після коректування періодичності ТО, год
КамАЗ 53229 (самоскид)	9,8	5,6	3,7	8,000	0,888	7,107	263,1	165,9
DAF 85 CF-380 (самоскид)	7,5	4,1	1,3	35,000	0,907	31,760	198,0	90,8
КамАЗ 53229 (міксер)	10,7	5,5	2,9	200	0,865	173	280,8	122,7
DAF 85 CF-380 (міксер)	7,2	1,8	1,1	625	0,891	557	182,2	27,0

Попереджені відмови – 52,9 %;

Можливі попередження відмов – 24,4 %;

Скорочення періодичності обслуговування автомобілів на:

для самоскидів КамАЗ – 11,16 %, DAF – 9,25 %;

для міксерів КамАЗ – 13,50 %, DAF – 10,88 %.

3.3 Оптимізація періодичності ТО

Оптимізація – ціле-направлена діяльність, що полягає в отриманні найкращого результату при відповідних умовах [76].

Оптимізація застосовується в інженерній практиці при розробці виробничих планів, що впливають на роботу техніко-економічних процесів з метою збільшення обсягу виробництва продукції, мінімізації ресурсів або підвищення ефективності діяльності (наприклад, за рахунок оптимізації часу використання обладнання).

На основі [76, 77, 78, 79, 80] встановлено, що оптимізація складається з етапів:

1. Складання математичної моделі об'єкта оптимізації.
2. Вибір критерію оптимальності і складання цільової функції.
3. Встановлення можливих умов (меж) оптимізації.
4. Вибір методу оптимізації.

При складанні математичної моделі об'єкта оптимізації необхідно визначитися якими кількісними показниками він буде характеризуватися. Оскільки метою наших досліджень є зменшення кількості відмов U на АТЗ за допомогою коректування періодичності ТО l_{TO} то вигляд моделі оптимізації матиме вигляд:

$$X = F(U, l_{TO}). \quad (3.2)$$

Критерієм оптимальності називається кількісна оцінка оптимальної якості об'єкта [76].

На основі вибраного критерію оптимальності складається цільова функція, що являє собою залежність критерія оптимальності від параметрів, що впливають на її значення. Вид критерію оптимальності або цільової функції визначається конкретною задачею оптимальності [76].

При визначенні критерію оптимальності висувається ряд вимог [76]:

1. Критерій оптимальності повинен виражатися кількісно.
2. Критерій оптимальності повинен бути єдиним.
3. Критерій оптимальності повинен відображати найбільш суттєві сторони процесу.
4. Бажано щоб критерій оптимальності мав чіткий фізичний сенс і легко розраховувався.

В задачах оптимізації розрізняють прості і складні критерії оптимальності.

Критерій оптимальності називається простим, якщо необхідно визначити екстремум цільової функції без задання умов на будь-які інші величини. Критерій оптимальності називається складним, якщо необхідно встановити екстремум функції при деяких умовах, які накладаються на ряд інших величин [76].

Виходячи з того, що ми шукаємо екстремум функції (3.2), а можливі умови становлять значення початкову і кінцеву межу l_{TO} , тоді критерій оптимальності буде простим і матиме вигляд:

$$R = f(X) = F(U, l_{TO}). \quad (3.3)$$

Задачі оптимізації можна класифікувати за видом функції f , h_k (обмеження в вигляді рівності), g_i (обмеження в вигляді нерівності) та розмірністю вектору x . Задачі без обмежень, в яких x представляє собою одновимірний вектор, називаються задачами с одною перемінною (однокритеріальні) [76]. В таких задачах задається тільки загальна умова пошуку екстремуму функції. В нашому випадку вираз оптимізації буде мати вигляд [80]:

$$f(x) \rightarrow \min, \quad x \in [a, b] \rightarrow X, \quad (3.4)$$

де $f(x)$ – цільова функція;

X – допустима множина значень функції;

$x \in [a, b] \rightarrow X$ – допустима точка (значення) множини X в діапазоні від a до b .

В залежності від виду функції $f(x)$ вибирають найбільш ефективний метод

визначення її екстремуму. Функції бувають монотонними, якщо для двох довільних точок x_1 і x_2 , де $x_1 \leq x_2$, виконується одна з нерівностей [78]:

$f(x_1) \leq f(x_2)$ – монотонно зростаюча функція;

$f(x_1) \geq f(x_2)$ – монотонно спадаюча функція.

Функція $f(x)$ є унімодальною на відрізьку $a \leq x \leq b$ тільки в тому випадку, якщо вона монотонна по обидві сторони від єдиної на даному інтервалі оптимальної точки x^* . Іншими словами, якщо x^* – єдина точка мінімуму $f(x)$ [78].

За допомогою таблиць Microsoft Excel на основі статистичної інформації по виникненню відмов, було визначено вигляд функції $f(x)$ (див. табл. 3.4), що описується поліномом другого ступеня і має монотонно зростаючий характер.

Для вирішення однокритеріальних задач використовують методи прямого пошуку, що в свою чергу бувають [79]:

- пасивними – де всі N точок x_k , $k = \overline{1, N}$, в яких будуть визначені значення функції, вибирають завчасно;
- послідовними – точки x_k вибираються послідовно, використовуючи значення функції визначені раніше.

Логічно, що послідовний метод прямого пошуку є більш точним оскільки визначає достатню кількість точок x_k для визначення екстремуму функції з заданою точністю ε .

Серед існуючих на теперішній час методів послідовного пошуку для монотонних функцій найбільш популярними є [76, 77, 78, 79]:

метод ділення інтервалу навпіл (метод дихотомії) – розділяє інтервал $[a, b]$ на дві рівні частини, а потім кожну із частин ще на дві рівні частини;

метод золотого січення – розділяє інтервал на дві нерівні частини, при цьому відношення загальної довжини відрізка функції до довжини його більшої частини дорівнює відношенню довжини більшої частини до довжини меншої;

метод хорд – передбачає визначення двох сусідніх точок функції x_1 і x_2 через яку проводять пряму, вона перетинає вісь абсцис в точці x_3 для якої визначається значення функції, після чого приймається що в точка x_3 має абсцису і лежить на графіку функції через яку проходить пряма сполучаючи її з точкою

x_1 і т.д. поки не отримаєм значення кореня з необхідним наближенням;

метод Фібоначчі – метод використовує числа Фібоначчі для вибору довжин відрізків l_k , в яких визначається значення мінімізуючої функції.

Кожен з представлених методів має індивідуальні особливості і його доречно застосовувати для конкретного типу задач оптимізації. Так метод хорд дозволяє отримати попереднє уявлення про тип досліджуваної функції і має наближений характер розв'язку з високою похибкою, що потребує додаткових уточнюючих розрахунків. Метод Фібоначчі має високу точність при не великій кількості розрахунків, але наперед задає проміжні точки для розрахунків функції, що наближає його до пасивного методу розрахунку і може спричинити значну похибку при дослідженні унімодальної функції з декількома точками мінімуму або максимуму.

Методи ділення інтервалу навпіл і золотого січення є найбільш гнучкими, оскільки не потребують наперед заданої кількості точок для розрахунків таким чином розрахунки виконуються до моменту досягнення заданої точності. Проте вони досить трудомісткі, для чого рекомендується використовувати персональні комп'ютери з відповідним програмним забезпеченням. При цьому метод ділення інтервалу навпіл при великій кількості ітерацій (більше 5) значно знижує точність розрахунків, що спричиняє їхнє загальне збільшення.

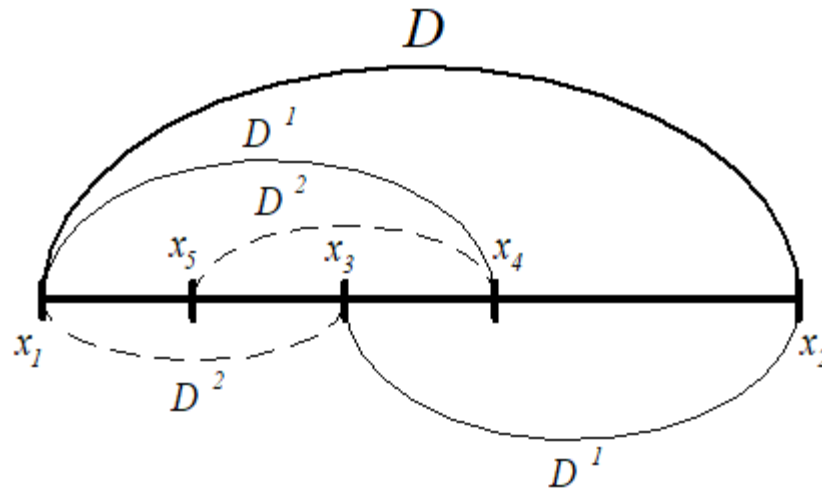
Таким чином найбільш ефективним і точним метод для оптимізації приймемо метод золотого січення.

Для даного методу попередньо визначається кількість інтервалів виходячи із заданої точності розрахунків ε (в нашому випадку приймемо $\varepsilon = 0,05$):

$$N = 1 + \left\lceil \frac{\ln(\varepsilon)}{\ln(0,618)} \right\rceil \approx 8. \quad (3.5)$$

Далі, положимо що заданий відрізок $[a, b]$ має на кінцях точки $a = x_1$ і $b = x_2$. Також на цьому відрізку розміщені точки x_3 і x_4 (рис. 3.4), при цьому виконується умова:

$$x_3 - x_1 = x_2 - x_4. \quad (3.6)$$



D – інтервал невизначеності; D^1 – 1-й відрізок розбиття; D^2 – 2-й відрізок розбиття.

Рисунок 3.4 – Ділення інтервалу методом золотого січення [76].

В загальному вигляді точки x_3 і x_4 визначаються:

$$x_3 = x_2 - 0,618 \cdot (x_2 - x_1), \quad (3.7)$$

$$x_4 = x_1 + 0,618 \cdot (x_2 - x_1). \quad (3.8)$$

Далі визначається мінімізуюча функція на відрізках x_1x_4 і x_3x_2 та виконується процедура виключення відрізка, якщо:

$$f(x_1x_4) < f(x_3x_2) \text{ – то вибирається відрізок } [x_1, x_4],$$

або

$$f(x_1x_4) > f(x_3x_2) \text{ – то вибирається відрізок } [x_3, x_2].$$

Відносно нового відрізка повторюють вище вказані операції, і так N -разів, доки не буде виконуватися умова [76]:

$$x_2 - x_1 < \varepsilon. \quad (3.9)$$

Для проведення оптимізації необхідно мати загальний вигляд функції $f(x)$. На основі аналізу статистичних даних про кількість відмов дослідної групи автомобілів, а також за допомогою інструментів Microsoft Excel, було визначено загальний і математичний вигляд функцій (див. рис. 3.5), що описуються поліномом другого ступеню.

Згідно приведеного методу виконується оптимізація періодичності проведення ТО із максимальним запобіганнями виникнення відмов, результати якого приведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Оптимізація періодичності ТО, що попереджає більшість відмов.

Автомобіль	Оптимізована періодичність	Відсоток зменшення періодичності, %
КамАЗ 53229 (самоскид)	4728 км	40,9
DAF 85 CF-380 (самоскид)	22965 км	34,4
КамАЗ 53229 (міксер)	116,2 мото-год.	41,9
DAF 85 CF-380 (міксер)	398,5 мото-год.	36,2

За таких умов, якщо зменшити періодичність ТО до вказаних в табл. 3.4 значень, кількість відмов ще зменшиться.

Дані про попереджені відмови за оптимізованої періодичності, за якої попереджається максимум відмов по кожній групі автомобілів, представлено в таблиці 3.5.

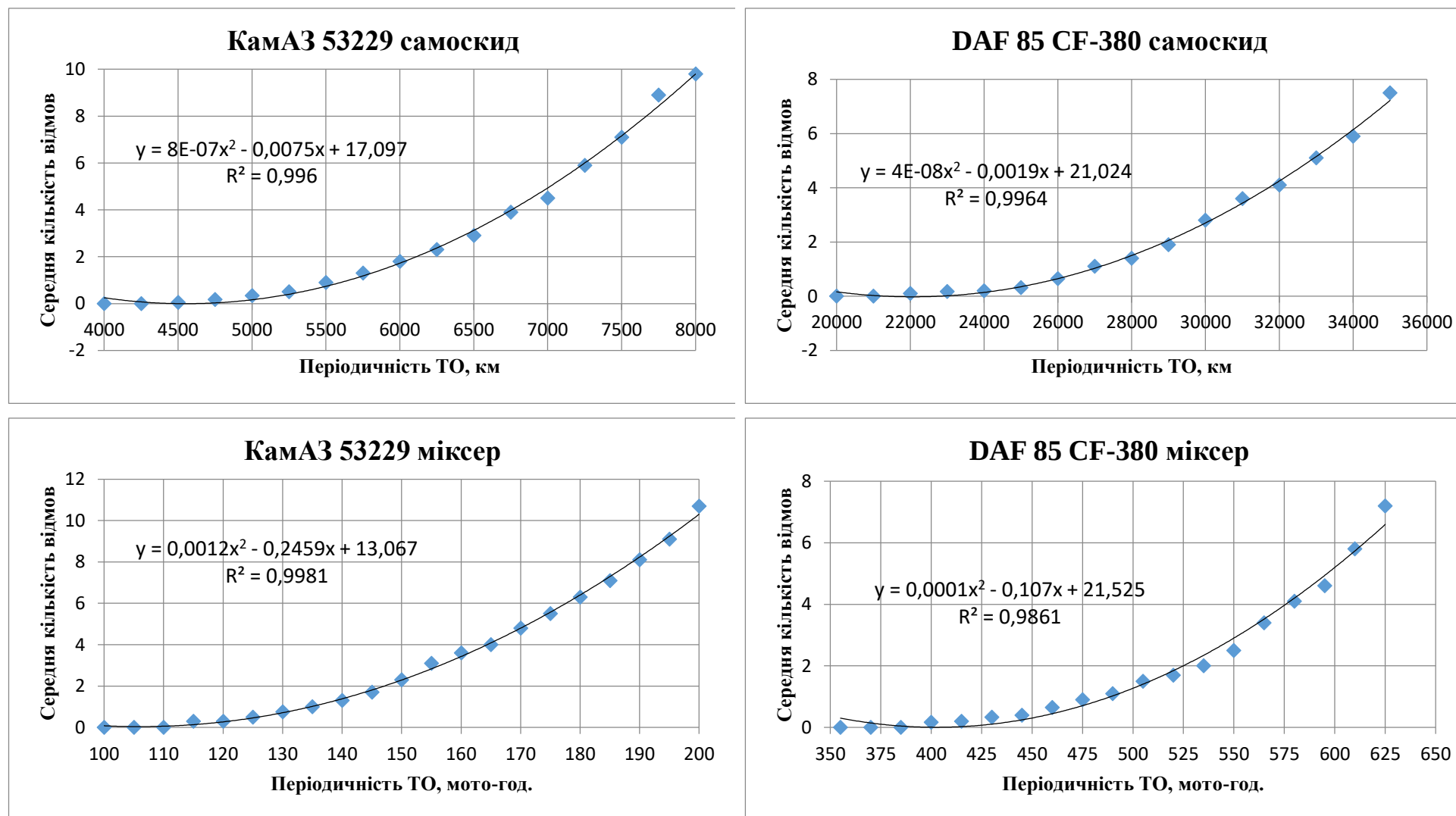


Рисунок 3.5 – Загальний і математичний вигляд функцій оптимізації.

Таблиця 3.5 – Статистика попередження відмов після оптимізації.

Автомобіль	Середня кількість відмов до оптимізації періодичності ТО	Середня кількість відмов після оптимізації періодичності ТО	Відсоток зменшення відмов, %	Загальний час простою в ремонті після оптимізації періодичності ТО, год.
КамАЗ 53229 (самоскид)	9,8	0,17	98,3	16,2
DAF 85 CF-380 (самоскид)	7,5	0,17	97,7	29,6
КамАЗ 53229 (міксер)	10,7	0,33	96,9	23,1
DAF 85 CF-380 (міксер)	7,2	0,17	97,6	3,0

3.4 Ефективність використання АТЗ

Автомобіль складається із взаємозв'язаних підсистем (агрегатів, механізмів), які не гарантують створення оптимальної технічної системи, а в деяких випадках навіть спричиняють її непрацездатність [24].

Але виникає проблема визначення ефективності використання АТЗ в заданих умовах.

Під поняттям ефективності використання автомобіля або автопоїзда мається на увазі можливість виконувати перевезення з найменшими матеріальними і трудовими витратами [81].

Ефективність використання ТЗ може залежати і визначатися, з одного боку, досконалістю його конструкції і її відповідності до умов експлуатації – транспортним, дорожнім і кліматичним. З іншого боку, вона залежить від організації перевезень – тривалістю добового часу в наряді; кількістю днів роботи на рік; раціонального маршруту перевезень; організацією і механізацією завантажувально-розвантажувальних робіт; раціональністю зберігання, технічного обслуговування та ремонту тощо [81].

Ефективність автомобіля може оцінюватися основним узагальненим

показником – собівартістю перевезень в даних конкретних умовах експлуатації. Собівартість перевезень виражає величину витрат лише безпосередньо на виконання транспортного процесу. В неї включаються витрати на перевезення – вартість палива, експлуатаційних матеріалів, ТО і Р, заробітна плата водіїв і накладних витрат, а також відновлення основних виробничих фондів автомобільного транспорту у вигляді амортизаційних відрахувань [81].

В практиці експлуатації автомобільного транспорту бувають випадки, коли на певних видах перевезень економічно доцільно використовувати автомобілі, у яких приведені витрати на перевезення більш високі, ніж у інших. Це може бути в тих випадках, коли при більш високих затратах забезпечуються більш висока якість транспортного процесу, наприклад, краща збережуваність вантажу та ін. [81].

Крім того, певні витрати для різних автомобілів можуть відрізнятися, зокрема, різною відпускнуою вартістю запасних частин і комплектуючих. Так, одні постачальники автокомплектуючих продають їх за більшою ціною ніж інші, але ці витрати теж можуть бути виправданим, якщо кінцевий економічний ефект буде позитивним, наприклад – менший час очікування нової деталі зменшує загальну тривалість простоїв автомобіля в ТО і Р.

Тому порівняння ефективності транспортних засобів за приведеними витратами закономірно при умові, якщо забезпечуються однакові порівнювані умови перевезень [81].

Таким чином, проблема оцінки ефективності використання ТЗ пов'язана з обґрунтованим вибором його кількісних техніко-економічних показників, що найбільш повно і точно будуть характеризувати відповідність ТЗ до заданих умов експлуатації.

Використання АТЗ за призначенням призведе до отримання ним результату – певного обсягу перевезень (тон вантажу або кількості пасажирів).

Показники продуктивності визначають ефективність використання рухомого складу за певний проміжок часу та характеризують ефективність організації перевезень [82].

Обсяг роботи автопарку вимірюється різними показниками: в машино-годинах; в кілометрах пробігу; в тонах перевезеного вантажу; в тонно-кілометрах [83].

Ефективність роботи рухомого складу автомобільного транспорту визначається ступенем його технічної готовності до виконання транспортної роботи при найменших витратах на експлуатацію і може бути оцінена загалом коефіцієнтом потенційної можливості [60]:

$$K_{\Pi} = \alpha_T \cdot \eta_C \cdot \eta_H \cdot \eta_D \cdot \beta \cdot \gamma, \quad (3.10)$$

де α_T – коефіцієнт технічної готовності парку;

η_C – коефіцієнт використання технічно справних автомобілів;

η_H – коефіцієнт використання часу в наряді;

η_D – коефіцієнт використання часу наряду в русі;

β – коефіцієнт використання пробігу;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Загальний обсяг вантажоперевезень в тонно-кілометрах аналізується насамперед як результат зміни кількості автомобілів і виробітку на одну машину. В свою чергу, показник виробітку на один автомобіль знаходиться у взаємозв'язку з такими показниками як [83]:

1) коефіцієнт використання автомобілів на роботах, який визначається відношенням відпрацьованих машино-днів до машино-днів перебування в господарстві. Він сприяє виявленню резервів підвищення виробітку автопарку за рахунок зменшення простоїв автомобілів без роботи;

2) коефіцієнт використання робочого часу автомобілів, визначається діленням машино-годин у пробігу до машино-годин у наряді. Підвищення цього коефіцієнта свідчить про скорочення часу в простоях машин на вантажорозвантажувальних роботах, по технічних та інших причин.

3) середньодобовий пробіг одного автомобіля, км;

4) коефіцієнт використання пробігу, який визначається відношенням

відстані пробігу з вантажем до загального пробігу автомобілів у кілометрах. Підвищувати цей коефіцієнт можна за рахунок використання пробігу автомобілів з вантажем в обидві сторони маршруту;

5) коефіцієнт використання вантажопідйомності визначається відношенням виконаного (або відповідно запланованого) обсягу роботи автомобілів в тонно-кілометрах до технічно можливого обсягу. Цей коефіцієнт відображає ступінь використання автомобілів під час пробігу.

На практиці, ефективність будь-якої діяльності найчастіше виражають через рентабельність. Рентабельність – це відносний показник економічної ефективності. Рентабельність комплексно відображає ступінь ефективності використання матеріальних, трудових і грошових ресурсів, а також природних багатств [84].

Аналіз поняття «ефективність» показав, що більшість авторів, які формують поняття, розуміють цю категорію як відношення ефекту (результату) до витрат або ресурсів, що були витрачені на його отримання. Тобто критерії ефективності формуються на основі витратного (спожиті ресурси) і ресурсного (застосовані ресурси) підходів. Витратний підхід відображає ефект, одержаний з кожної одиниці сукупних витрат, або окремо витрат живої або упредметненої праці. Ресурсний підхід покликаний характеризувати ефективність використання ресурсів: трудових, матеріальних, фінансових [85].

Отже, ефективне використання АТЗ безпосередньо пов'язане з виконанням його прямих функцій – перевезень.

Для об'єктивного визначення обсягу корисної роботи від використання автомобіля, в подальшому, під поняттям ефективність використання АТЗ будемо розуміти – відношення обсягу витрачених ресурсів до отриманого результату, що для вантажних автомобілів може бути виражений через обсяг перевезень Q_B або обсяг транспортної роботи W_P , що представлені у вигляді виразів:

$$E = \frac{B}{Q_B}, \quad (3.11)$$

та

$$E = \frac{B}{W_p} \quad (3.12)$$

де B – обсяг необхідних ресурсів (витрат) на виконання перевезень, (кількість пального, запчастин тощо);

Q_B – обсяг перевезень, т;

W_p – транспортна робота, ткм.

За допомогою виразів (3.11) і (3.12) можна визначити ефективність використання автомобіля відносно різних типів необхідних основних витрат (ресурсів). Для уникнення впливу цінового фактору, що може бути викликаний змінами із-за економічної ситуації в країні (наприклад, із-за інфляції) або недосконалості в роботі різних служб та підрозділів компанії, що експлуатує певну транспортну одиницю, обсяг необхідних ресурсів будемо враховувати через їхню кількісну форму (л/т, люд.год/т і т.д.), а також у звичному грошовому еквіваленті для визначення собівартості використання того чи іншого АТЗ.

Як вже зазначалося раніше, результатом використання АТЗ, в даному випадку вантажного автомобіля, буде обсяг перевезень Q_B .

Обсяг перевезень Q_B залежить від продуктивності самого АТЗ [63]:

$$Q_B = \frac{W_p}{L_B}, \quad (3.13)$$

де L_B – пробіг автомобіля з вантажем, км;

$$L_B = L_{заг} \cdot \beta, \quad (3.14)$$

де $L_{заг}$ – загальний пробіг автомобіля, км;

β – коефіцієнт використання пробігу.

Продуктивність вантажного автомобіля характеризується виконаною ним *транспортною роботою W_p [81]:*

$$W_p = \frac{q \cdot \gamma \cdot l \cdot \beta \cdot v_T \cdot T_c \cdot 365 \cdot \alpha}{l + \beta \cdot v_T \cdot t_{3-p}}, \quad (3.15)$$

де q – номінальна вантажопідйомність, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

l – середня довжина їздки, км;

β – коефіцієнт використання пробігу;

v_T – технічна швидкість, км/год;

T_c – середній час в наряді, год;

α – коефіцієнт використання (випуску) автомобіля;

t_{3-p} – час виконання завантажувально-розвантажувальних робіт за одну їзду, що включають пов'язані з ними витрати часу на оформлення вантажу, очікування та ін.

Крім того транспортна робота може бути визначена через кількість вантажних циклів (їздок) n_u :

$$W_p = q \cdot \gamma \cdot l \cdot \beta \cdot n_u, \quad (3.16)$$

$$n_u = \frac{T_c \cdot D_p \cdot \alpha}{T_B + t_{3-p}}, \quad (3.17)$$

де $T_B = \frac{l}{v_T}$ – час автомобіля в русі, год.

З формул (3.15) і (3.16) видно, що величина продуктивності вантажного автомобіля визначається параметрами двох видів: незалежні від конструкції автомобіля (l , β , T_c , α_B) і залежні від неї (q , γ , v_T , t_{3-p}) [81].

У даному випадку параметри, що не залежать від конструкції автомобіля і є випадковими, ми розглядати не будемо. Для порівняльного аналізу вони будуть задаватися для всіх автомобілів однаково.

Вантажопідйомність автомобіля q безпосередньо впливає на його продуктивність при всіх інших рівних значеннях параметрів. В дійсності, окремі

експлуатаційні показники не зберігаються постійними для автомобілів різної вантажопідйомності. Наприклад, із збільшенням вантажопідйомності дещо знижується технічна швидкість руху і може збільшитися час простою під завантажуванням-розвантажуванням. Однак, загальна закономірність збільшення продуктивності зі збільшенням вантажопідйомності зберігається [81].

Таким чином, при виборі найбільш ефективного транспортного засобу для якого-небудь конкретного виду перевезень треба вибирати автомобіль або автопоїзд, вантажопідйомність якого найбільш можлива в даних умовах, що обмежена партійністю відправки або отримання вантажу та гранично допустимими осьовими навантаженнями на дорогу [81].

Коефіцієнт використання вантажопідйомності γ являє собою відношення фактично перевезеної кількості вантажу q_v до кількості, що могла бути перевезена за той же пробіг при повному використанні номінальної вантажопідйомності автомобіля q [81].

Фактично перевезена кількість вантажу може бути менша номінальної в двох випадках: при недоліках організації перевезень, що при оцінці ефективності ТЗ не розглядається, та при недостатньому об'ємі кузова, що не допускає завантаження всієї кількості вантажу у відповідності до номінальної вантажопідйомності. Таким чином, коефіцієнт використання вантажопідйомності може залежати від розмірів кузова [81].

Розміри кузова або іншого засобу, де буде міститися вантаж, теж нормуються. Вони не повинні перевищувати значень, що встановлені чинними нормативними актами, зокрема Правилами дорожнього руху [81].

Технічна швидкість v_T – це відношення шляху, пройденого автомобілем, до часу в русі. При розрахунках, що виконуються в автотранспортних підприємствах, прийнятий час в русі вважають час перебування автомобіля на лінії з вирахуванням часу на завантажувально-розвантажувальні роботи. Технічна швидкість виражається формулою:

$$v_T = \frac{L_C}{T_C - t_{3-P}}, \quad (3.18)$$

де L_C – пробіг автомобіля за час T_C , км.

Але в такому випадку ми отримуємо значення швидкості, що не враховує: періоди зупинки автомобіля, наприклад, на світлофорах; режими руху під час розгону, сталого руху і сповільнення; зменшення швидкості із-за зовнішніх факторів (затори, стан доріг, погодні умови та ін.). І хоча подібні чинники реально впливають на швидкість руху автомобіля, вони є випадковими, а тому технічну швидкість необхідно визначати за певних сталих умов дорожнього руху (на встановленому маршруті із постійними умовами).

Оскільки середня швидкість руху вантажного транспортного засобу є фактором, який разом з вантажопідйомністю визначає його продуктивність та надає найбільш повне уявлення стосовно тягово-швидкісних властивостей, цей оціночний показник безперечно набуває вагомого значення серед критеріїв, за якими доцільно проводити порівняльні аналізи АТЗ [82].

Для визначення тягово-швидкісних властивостей вантажних автомобілів використовуються методи передбачені ГОСТ 21398-89 [86], ГОСТ 22576-90 [87], Правилом ООН № 68 [88] та ДСТУ 2942-94 [89].

При оцінюванні тягово-швидкісних властивостей АТЗ та виборі АТЗ для виконання певних задач, зазвичай, беруть до уваги такі показники: максимальна швидкість; час розгону на ділянці шляху 400 м; час розгону на ділянці шляху 1000 м; час розгону до заданої швидкості; час розгону на передачі, яка забезпечує рух з максимальною швидкістю; максимальний динамічний фактор на вищій передачі та відповідна йому критична швидкість; максимальний динамічний фактор на нижчій передачі та відповідна йому критична швидкість; динамічний фактор за максимальної швидкості; максимальний ухил, який може подолати АТЗ; визначення швидкісної характеристики «розгін-вибіг» [82].

Сукупність зазначених показників дозволяє оцінити технічний рівень АТЗ, порівняти його з вітчизняними та іноземними аналогами, а також визначити

доцільність використання його в певних експлуатаційних умовах. Значення оціночних показників тягово-швидкісних властивостей АТЗ можуть бути отримані в процесі випробувань АТЗ або за допомогою засобів моделювання [82].

Змодельовавши процес руху різних вантажних автомобілів на заданому маршруті довжиною $L_{\text{марш}}$ на основі їх тягово-швидкісних характеристик, можна визначити їх середню технічну швидкість v_T , що свою чергу дасть можливість визначити час в русі T_C .

Час при завантажуванні-розвантажуванні $t_{з-р}$ на одну їзду в формулі (3.18) може мати суттєве значення при оцінці ефективності автомобіля, спеціально пристосованого до зменшення витрат часу на ці роботи (таких, як самоскиди). Може визначатися за формулою [81]:

$$t_{з-р} = t_H \cdot \gamma, \quad (3.19)$$

де t_H – норма простою автомобіля для виконання завантажувально-розвантажувальних робіт, год;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Значення t_H приймається за довідниковими даними, наприклад [90], або відносно продуктивності визначеної технічною характеристикою спецзасобів, що використовуються при завантажувально-розвантажувальних роботах.

Також існує метод хронометражу часу завантажувально-розвантажувальних робіт, коли безпосередньо виконується замір часу для певного автомобіля певним видом вантажу. Але в даному випадку необхідно виконувати заміри для певного виду вантажу, який буде однаковим для всіх однотипних одиниць ТЗ за умови їхнього максимального завантаження-розвантажування однаковими методами.

В нашому випадку розглядаються спеціалізовані вантажні автомобілі – самоскиди і міксери. Перші більше пристосовані для перевезення сипучих вантажів, другі – для перевезення сумішей.

Для завантаження самоскидів найчастіше використовується ковшовий метод за допомогою бульдозерів або екскаваторів, а рідше – стрічковим транспортером. Перший метод більше підходить до умов, в яких експлуатуються самоскиди, але він досить сильно залежить від виду, форми і розмірів ковша, а також підйомної можливості навантажувальної техніки і кваліфікації оператора. Стрічкові транспортери мають багато обмежень по умовам застосування, хоча вони можуть не поступатися продуктивності ковшовому методу. Також їхня продуктивність є більш стабільною і менше залежить від кваліфікації персоналу, який їх експлуатує.

Період завантаження міксерів суцього залежить від продуктивності подаючої системи та технології сумішоутворення.

Як самоскиди так і міксери завантажуються за умов не перевищення:

- вантажопідйомності (або максимальної допустимої маси ТЗ);
- об'єму вантажної платформи (міксерів).

Процес розвантаження залежить від конструкційних особливостей техніки і, як правило, виконується відповідним навісним обладнанням АТЗ (переважно гідравлічною системою для самоскидів та механічним приводом для міксерів). При цьому процес розвантаження може залежати від технологічних особливостей, пов'язаних з місцем розвантаження та (або) подальшим використанням вивантаженого вантажу (наприклад: вивантаження міксером суміші може відбуватися в декілька етапів з метою розрівнювання попереднього шару; вивантаження самоскидом вантажу на поверхні з ухилом може полегшити або ускладнити процес).

На основі всього вище вказаного, виходить, що час завантажування безпосередньо залежить від: розмірів вантажної платформи, вантажопідйомності АТЗ, типу і об'єму вантажу та способу завантаження. При цьому останні три параметри є випадковими.

Час розвантаження залежить: від розмірів вантажної платформи, типу і об'єму вантажу, а також від передбаченого способу розвантаження, що визначається конструкційними особливостями навісного обладнання АТЗ та

зовнішніми чинниками – техніка безпеки і технологія розвантаження за певних умов та ін.

Виходячи з цього, час завантажувально-розвантажувальних робіт є відносним показником продуктивності АТЗ, а точніше його пристосованості до таких процесів, що тільки частково залежить від його конструкції.

Крім того автомобілі, що мають менший розмір кузова (об'єм міксера) або вантажопідйомність, за одних і тих самих умов завантаження – будуть витрачати менше часу на завантаження і розвантаження. Але, як вже говорилося раніше, доцільно використовувати автомобілі з більшою вантажопідйомністю і об'ємом вантажної платформи, оскільки це основні конструкційні чинники, що в більшій мірі впливають на продуктивність АТЗ.

Таким чином, приймемо середньозважене рішення по визначенню часу завантажувально-розвантажувальних робіт, а саме:

- час завантаження, припустимо, що буде дорівнювати часу розвантаження;
- час розвантаження для самоскидів приймаємо – час максимального підйому вантажної платформи при повній її завантаженості і використанні об'єму на рівній горизонтальній поверхні; а для міксерів – час вивантаження повністю заповненого міксера при роботі його вивантажувального механізму на повну потужність.

Коефіцієнт використання автомобіля α являє відношення фактичної кількості днів роботи автомобіля за рік до кількості календарних днів в році [60, 81]:

$$\alpha = \frac{365 - (D_o + D_{top})}{365}, \quad (3.20)$$

де D_o – дні простою автомобіля по організаційним причинам, дні;

D_{top} – дні простою автомобіля при виконанні технічного обслуговування і ремонту, дні.

Дні простою автомобіля при виконанні технічного обслуговування і ремонту D_{TOP} визначаються по нормативним даним заводу виробника (або законодавчих актів). Раніше вже зазначалося, що основними нормативами з ТО і Р є періодичність l_{TOP} (t_{TOP}) і трудомісткість робіт T_p .

D_{TOP} також залежить від ефективності роботи ВТБ і виробничо-ремонтного персоналу, про те в даних розрахунках ці обставини не враховуватимуться із-за неможливості попередньо визначити обсяг їхнього впливу.

Також не враховуватимемо простої з організаційних причин ($D_o = 0$), що не характеризують ефективність автомобіля. Вилучивши з формули (3.20) дні простою з організаційних причин ми отримаємо формулу:

$$\alpha = \frac{365 - D_{TOP}}{365}. \quad (3.21)$$

Витрат на здійснення перевезень будемо визначати згідно Наказу № 65 від 05.02.2001 р. Міністерства транспорту України «Про затвердження Методичних рекомендацій з формування собівартості перевезень (робіт, послуг) на транспорті» [91]. Цей наказ, в свою чергу, посилається на Наказ № 318 від 27.06.2013 р. Міністерства фінансів України «Про затвердження Положення (стандарту) бухгалтерського обліку», що до основних витрат на здійснення перевезень відносить [92]:

- прямі матеріальні витрати (включається вартість сировини та основних матеріалів, що утворюють основу вироблюваної продукції купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів, допоміжних та інших матеріалів, які можуть бути безпосередньо віднесені до конкретного об'єкта витрат);
- прямі витрати на оплату праці (включаються заробітна плата та інші виплати робітникам, зайнятим у виробництві продукції, виконанні робіт або наданні послуг, які можуть бути безпосередньо віднесені до конкретного об'єкта витрат);

- інші прямі витрати (включаються всі інші виробничі витрати, які можуть бути безпосередньо віднесені до конкретного об'єкта витрат, зокрема відрахування на соціальні заходи, плата за оренду земельних і майнових паїв, амортизація, втрати від браку);

- змінні загальновиробничі та постійні розподілені загальновиробничі витрати (включають зокрема витрати на управління виробництвом, амортизацію основних засобів і нематеріальних активів загальновиробничого призначення, витрати на утримання, експлуатацію та ремонт, страхування, операційну оренду основних засобів, інших необоротних активів загальновиробничого призначення, витрати на вдосконалення технології й організації виробництва, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень, витрати на обслуговування виробничого процесу, витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього природного середовища, інші витрати.

Безпосередньо до прямих матеріальних витрат будуть відноситися витрати на: пальне V_{Π} , мастильні та експлуатаційні матеріали V_{EM} , шини $V_{Ш}$, запасні частини і витратні матеріали $V_{ЗЧ}$.

В свою чергу до прямих витрат на оплату праці будуть відноситися витрати на заробітну плату водіїв V_B і обслуговуючо-ремонтного персоналу $V_{РП}$.

До інших прямих витрат будуть відноситися витрати на соціальні заходи $V_{ССВ}$ і амортизація основних засобів загальновиробничого призначення V_A .

Для порівняльного аналізу конструкцій АТЗ достатньо мати кількісні значення необхідний ресурсів для можливості їхнього використання, проте будуть паралельно виконуватися розрахунки обсягів ресурсів виходячи з їх вартості, щоб забезпечити різностороннє бачення потенціалу того чи іншого автомобіля.

Загальна витрата пального V_{Π} на виконання транспортного процесу залежить від паливної економічності певного АТЗ.

Основним оціночним показником паливної економічності автомобіля у більшості країн є шляхова витрата палива – витрата палива, що вимірюється у

літрах на 100 км пройденого шляху (л/100 км). В якості узагальнюючих (інтегральних) показників при оцінці паливної економічності автомобіля використовують середню витрату палива на шляху та питому витрату палива [82].

Середня витрата палива на шляху – це витрата палива у літрах на 100 км, яка визначається за нормального експлуатаційного режиму руху у найбільш типових для даного автомобіля дорожніх умовах [82].

Для вимірювання витрати палива застосовуються дорожні та лабораторні (стендові) методи. Дорожні методи передбачають виконання замірів при русі автомобіля на певних ділянках доріг, що забезпечує максимально наближені умови до реальних, але є більш складними з боку забезпечення однакових умов випробувань для різних автомобілів. Лабораторні методи передбачають імітацію руху автомобіля на стенді з біговими барабанами, що дає більш стабільні умови випробувань, але виключає вплив певних чинників, що присутні за реальних умов руху.

Витрати експлуатаційних матеріалів B_{EM} враховують необхідну кількість моторної оливи B_{MO} , трансмісійної оливи B_{TO} , пластичних мастил $B_{ПМ}$ і спеціальних олив B_{CO} для нормального функціонування систем, вузлів і агрегатів автомобіля:

$$B_{EM} = B_{MO} + B_{TO} + B_{ПМ} + B_{CO}. \quad (3.22)$$

Використання експлуатаційних матеріалів відбувається за потреби або за планом. В першому випадку, момент настання потреби і необхідна кількість експлуатаційних матеріалів є випадковими величинами, що пов'язані з різними чинниками: механічні пошкодження під час експлуатації АТЗ, механічні пошкодження під час ТО і Р АТЗ, технологічні особливості виконання операцій з ТО і Р та ін. Даний обсяг витрат ми розглядати не будемо.

В другому випадку, використання експлуатаційних матеріалів приурочено їх плановій заміні, що виконується за встановленим заводом-виробником

графіком. В даному випадку необхідний обсяг експлуатаційних матеріалів визначається конструкцією АТЗ.

Їхній обсяг визначається згідно нормативів заводів виробників або діючими нормативними документами, згідно яких B_{EM} визначається [93, 94]:

$$B_{EM} = 0,075 \cdot B_{II}. \quad (3.23)$$

Витрати на шини B_{III} згідно [95] визначаються за формулою:

$$P_{iii} = \frac{n_{iii} \times C_{iii}}{1000 \times H_i}, \quad (3.24)$$

де n_{iii} – кількість шин, встановлених на автомобіль, од.;

C_{iii} – середня ринкова вартість однієї шини, грн.;

H_i – норма експлуатаційного пробігу однієї шини, тис.км.

Витрати запасних частин $B_{зч}$, як і експлуатаційних матеріалів, залежать від конструкційних особливостей і умов експлуатації АТЗ. Майже всі деталі, вузли і агрегати автомобіля мають свій власний ресурс, для досягнення якого розробляється система ТО і Р. Відповідність системи ТО і Р до умов експлуатації АТЗ, якість виконання технічних впливів, а також якість експлуатаційних матеріалів і запасних частин також має вплив на реальне значення ресурсу складових частин і АТЗ в цілому.

За умови, що витрати запасних частин $B_{зч}$ виражені не у їх вартості, необхідно розглядати відносну загальної потреби в них. Для цього необхідно виконати порівняльний аналіз окремо кожної основної системи АТЗ та визначити необхідну кількість деталей B_d , вузлів B_v і агрегатів B_a , які підлягають заміні за плановий період, що відповідає очікуваному ресурсу цієї системи:

$$B_{зч} = \sum B_d + \sum B_v + \sum B_a. \quad (3.24)$$

Проте, якщо необхідно врахувати вартість запасних частин і витратних

матеріалів, для виключення впливу індивідуальних особливостей робіт з ТО і Р певного автомобіля, а отже і витрат на нього – далі визначатимемо витрати на ЗЧ і матеріали, що приведені до 1 нормо-години робіт.

Обсяг витрат на ЗЧ і матеріали, що необхідні при проведенні ТО, є постійним і наперед відомою величиною. Їхня вартість приймалася на основі цін автосервісних компаній, що займаються їх продажем, і представлена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрати на ЗЧ і витратні матеріали для ТО на основі даних профільних автосервісних підприємств [96, 97, 98, 99, 100, 101].

Автомобіль	№ ТО	Тривалість ТО, год.	Середня вартість ЗЧ і матеріалів для ТО, грн. (без ПДВ)
1	2	3	4
КамАЗ 53229	ТО-1	5,7	2304,10
	ТО-2	27,3	14688,00
Всього		33,0	16992,10
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ТО, грн./год.			514,91
КРАЗ 65055	ТО-1	18,0	3031,20
	ТО-2	54,0	7012,80
Всього		72,0	10044,00
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ТО, грн./год.			139,50
МАЗ 630303	ТО-1	19,7	6340,10
	ТО-2	36,5	12048,50
Всього		56,2	18388,60
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ТО, грн./год.			327,20
DAF 85 CF-380	Servis X	7,2	6432,93
	Servis Y	28,8	13219,20
Всього		36,0	19652,13
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ТО, грн./год.			545,89
MAN TGA 35.360 8x4	ТО-standart	25,0	17155,90
	ТО +	13,5	6671,75
Всього		38,5	23827,65
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ТО, грн./год.			618,90

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4
Volvo FM 8x4 R	ТО-S	3,5	4160,00
	ТО-M	12,2	10536,88
	ТО-L	19,1	13031,76
Всього		34,8	27728,64
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ТО, грн./год.			796,80

Виходячи із даних про вид ремонту, отриманих з наряд-замовлень «Автобудкомплекс-К» по кожному дослідному автомобілю, було виконано підбір по кожній групі автомобілів і розраховано середню вартість ЗЧ та витратних матеріалів із числа рекомендованих заводами-виробниками. Їхня вартість приймалася на основі рахунків-фактур АТП і цін профільних автосервісних компаній [96, 97, 98, 99, 100, 101] (більш детально про обсяг запасних частин і їхню вартість для автомобілів КамАЗ 53229 і DAF 85 CF-380 представлено в Додатку Г) (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Вартість на ЗЧ і витратні матеріали для ремонту на основі даних профільних автосервісних підприємств та даних АТП.

№ п/п	Автомобіль	Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. Р, грн./год.
Самоскиди		
1	КамАЗ 53229	190,46
2	КРАЗ 65055	105,07
3	DAF 85 CF-380	245,10
4	MAN TGA 35.360 8x4	363,53
5	Volvo FM 8x4 R	463,57
Міксери		
6	МАЗ 630303	147,76
7	КамАЗ 53229	108,80
8	DAF 85 CF-380	230,18
9	MAN TGA 35.360 8x4	365,53

Витрати людського часу на виконання ремонтно-обслуговуючих операцій B_{TP} встановлені нормативами заводів-виробників автомобілів або діючими в

Україні нормативними документами. Вони залежать від характеристики ВТБ ремонтно-експлуатуючого підприємства і кваліфікації виробничого персоналу.

Витрати людського часу необхідно розділити на витрати часу в ТО (t_{TO}) і витрати часу в ремонті (t_P). Час t_{TO} менше залежить від зовнішніх факторів із-за своєї примітивності, а також є більш стабільним процесом, що виконується з певною (фіксованою) періодичністю.

Тривалість t_P прогнозується в часі, але причина для ремонту може виникнути випадково. t_P більше залежить від характеру умов експлуатації АТЗ і може варіюватися в широких межах.

Для визначення B_{PI} можна використати дані заводів-виробників, які передбачають норматив простою автомобіля під час ТО t_{TO} (люд.год) і в ремонті t_P (люд.год./1000 км або дні в ремонті) або скористатися статистичними даними АТП. В нашому випадку будемо використовувати останнє, а безпосередньо значення тривалості обслуговуючо-ремонтних робіт представлено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.8 – Тривалість простою автомобілів в ТО і Р за звітний період експлуатації.

Автомобіль	Звітний період експлуатації	Тривалість простою, год.	
		ТО	Р
КамАЗ 53229	400 тис.км.	797,7	263,1
	10000 мото-год.	797,7	281,0
DAF 85 CF-380	600 тис.км.	295,2	197,9
	15000 мото-год.	498,6	182,2
МАЗ 630303	10000 мото-год.	1083,5	195,0
КРАЗ 65055	300 тис.км.	1566,0	216,0
MAN TGA 35.360 8x4	500 тис.км.	444,5	102,5
	12500 мото-год.	635,0	98,2
Volvo FM 8x4 R	300 тис.км.	92,3	36,0

* – Період експлуатації для автомобілів самоскидів вимірюється км пробігу, а у міксерів – мото-год. роботи.

На основі загального часу простою автомобілів в ТО і Р і загального

пробігу за звітний період можна визначити розмір заробітної плати обслуговуючо-ремонтного персоналу B_{PI} (грн.км), якщо вони працюють по годинному тарифу за формулою:

$$B_{PI} = \frac{C \cdot (t_{TO} + t_P) \cdot (1 + ECB)}{L_3}, \quad (3.25)$$

де t_{TO} – простій автомобіля в ТО за звітний період, люд.год.;

t_P – простій автомобіля в Р за звітний період, люд.год.;

C – тарифна ставка 1 години роботи робітника, грн.;

ECB – єдиний соціальний внесок, що передбачає відрахування до системи загальнообов'язкового державного соціального страхування, (на 2019 рік $ECB = 22\%$);

L_3 – загальний пробіг автомобіля за звітний період, км.

В свою чергу оплата праці водіїв B_B виконується згідно ставки і визначається за формулою:

$$B_B = \frac{13 \cdot 3П_B \cdot (1 + ECB)}{0,95 \cdot \Phi PЧ \cdot V_T}, \quad (3.26)$$

де $3П_B$ – місячна ставка заробітної плати водія, грн.;

$\Phi PЧ$ – річний фонд робочого часу водія, ($\Phi PЧ = 2040$ год.);

V_T – середня технічна швидкість автомобіля, км/год.

Слід відзначити, що розмір витрат на інші соціальні потреби B_{ECB} окремо визначатися не буде, оскільки вони входять у витрати на заробітну плату обслуговуючо-ремонтного персоналу B_{PI} і водіїв B_B .

Що ж стосується амортизаційних відрахувань B_A , то вони можуть бути для основних засобів загальновиробничого призначення і для нематеріальних активів загальновиробничого призначення. Розмір нематеріальних активів, а також матеріальних активів виражених у вигляді будівель, споруд, інструменти і обладнання у кожного АТП свої, тому для порівняльного аналізу конструкцій

АТЗ ми їх розглядати не будемо. А от матеріальні активи, якими є самі транспортні засоби безпосередньо мають відношення до статті витрат «Амортизація».

Згідно [102], а також п. 145.1 ст. 145 Податкового кодексу України, строк амортизації транспортних засобів становить 5 років. При виборі нових автомобілів це необхідно враховувати.

Безпосередньо розмір витрати на амортизацію B_A визначається:

$$B_A = B_{TЗ} / (T_B \cdot L_P), \quad (3.27)$$

де $B_{TЗ}$ – вартість амортизуємого ТЗ за вирахуванням остаточної (ліквідуємої) вартості, грн.;

T_B – термін корисного використання ТЗ, років;

L_P – річний пробіг автомобіля, км.

Оскільки всі види витрат мають різні одиниці вимірювання, то для визначення ефективності i -го автомобіля за певний (заданий) період експлуатації, що буде відповідати пробігу L або періоду T , будемо розраховувати ефективності окремо за кожною статтею витрат, тобто:

$$E_{ij} = \frac{B_j}{Q_B}, \quad (3.28)$$

де B_j – j -ий вид витрат, необхідних для виконання відповідного обсягу перевезень Q_B i -им автомобілем.

Далі, можна було б застосувати ранжування до отриманих значень E_{ij} на основі кращих показників, але тоді могла виникнути похибка відносно близьких значень. Тому для подальшого порівняння приймемо умову, що отримані за формулою (3.28) значення є безрозмірними, а їхнє число умовно характеризує необхідну кількість ресурсів для експлуатації АТЗ. Тоді просумувавши всі значення E_{ij} для i -го автомобіля, ми отримаємо його комплексний показник

ефективності:

$$E_{\Sigma} = \sum E_{ij} = E_{\Pi} + E_{EM} + E_{Ш} + E_{ЗЧ} + E_{ТР}. \quad (3.29)$$

При цьому, найменше значення E_{Σ} буде характеризувати найменші витрати ресурсів на АТЗ для виконання ним роботи по перевезенню 1 т вантажу.

Крім того, для порівняльної оцінки АТЗ, введемо поняття еталонний автомобіль – це автомобіль, що матиме найкращі властивості серед представлених в порівняльному аналізі автомобілів. Порівняння його комплексного показника ефективності E_{Σ} з іншими дасть умовну можливість визначити наскільки порівнювані автомобілі відповідають заданим умовам експлуатації.

Наведені вище оціночні показники зведені до додатку Д.

Для порівняльного аналізу різних автомобілів, доцільно перевіряти їх ефективність за однакових умов експлуатації, що не залежатимуть ні від зовнішніх, ні від внутрішніх чинників, а також виключити вплив людського фактору. За таких умов, в подальшому будемо використовувати імітаційне математичне моделювання руху АТЗ в заданих умовах, що будуть однакові для всіх порівнюваних автомобілів.

Моделювання і порівняння автомобілів виконується для самоскидів та міксерів окремо із-за їх конструктивних і експлуатаційних властивостей. Загальні результати розрахунків наведено в додатку Е, про те в таблиці 3.9 представлено комплексні показники ефективності автомобілів кожної групи разом з еталонним, що має кращі показники за окремими властивостями автомобілів, що розглядаються.

Таблиця 3.9 – Порівняння ефективності використання АТЗ.

Комплексний показник ефективності E_{Σ}	Автомобіль						
	МАЗ 30303	КамАЗ 53229	КРАЗ 65055	DAF 85 CF-380	MAN TGA 35.360 8x4	Volvo FM 8x4 R	Еталон
Самоскиди	–	0,792	0,774	0,632	0,633	0,439	0,421
Міксери	0,973	0,944	–	0,851	0,775	–	0,735

Менші значення показника E_{Σ} вказують на більшу ефективність використання даного транспортного. Порівнюючи дані в таблиці 3.9 реальних автомобілів з еталонним, встановлено, що серед самоскидів найбільш ефективним в експлуатації може проявити себе автомобіль Volvo FM 8x4R, у якого розбіжність показника E_{Σ} з еталонним приблизно 4,1 %. А найменш ефективними є автомобілі КРАЗ 65055 – розбіжність 46,8 %.

Серед міксерів найкращий показник ефективності у автомобіля MAN TGA 35.360 8x4, розбіжність складає 5,2 %. А найменш ефективним серед міксерів виступають автомобілі МАЗ 630303 АБС-6ДА – розбіжність 24,5 %.

Аналогічно виконувалися розрахунки собівартості перевезень дослідними автомобілями за заданих умов, загальні результати розрахунків наведено в додатку Е, а в табл. 3.10 представлено остаточні результати.

Таблиця 3.10 – Порівняння собівартості використання АТЗ.

Собівартість перевезення 1 ткм	Автомобіль					
	МАЗ 630303	КамАЗ 53229	КРАЗ 65055	DAF 85 CF-380	MAN TGA 35.360 8x4	Volvo FM 8x4 R
Самоскиди	–	2,06	2,00	1,66	1,76	1,28
Міксери	2,46	2,36	–	2,26	2,17	–

Як видно зі значень табл. 3.10, вони практично відображають ситуацію, що представлена в табл. 3.9. Це вказує на те що при порівнянні конструкцій АТЗ не завжди потрібно користуватися їхньою собівартістю перевезень, хоча цей

показник більш цікавий і зрозумілий для керівників АТП.

Для вибору типу автомобілів доцільно перевіряти їх ефективність за однакових умов експлуатації, що не залежатимуть ні від зовнішніх, ні від внутрішніх чинників, а також виключити вплив людського фактору. За таких умов найбільш раціональне імітаційне математичне моделювання руху АТЗ в заданих умовах, що будуть однакові для всіх порівнюваних автомобілів, які буде використано у подальших дослідженнях.

3.5 Вплив періодичності ТО на використання АТЗ

За рахунок попередження відмов, зменшується час простою в ремонті. Однак, час простою під час ТО є умовно постійним, оскільки ТО має виконуватися в обов'язковому порядку. Визначимо загальні витрати на ТО і Р автомобілів КамАЗ 53229 і DAF 85 CF-380 за звітний період їхнього використання.

Для розрахунків приймемо вартість робіт, виходячи з середніх тарифів профільних автосервісних компаній, що становлять 295 грн. – ТО і 345 грн. – ремонт для автомобілів КамАЗ, і 420 грн. для автомобілів DAF за 1 нормо-годину роботи (без ПДВ) [96, 97, 98].

Маючи всі вихідні дані, можна визначити вартість ТО і ремонту автомобіля при відсутності попередження відмов (при базовій періодичності ТО), при частковому попередженні (при скорегованій періодичності ТО) та при максимальному попередженні (після оптимізації періодичності ТО) за період експлуатації (табл. 3.11).

Загалом, витрати на ТО є постійною складовою, а от витрати на Р відносяться до змінних витрат і для кожного автомобіля є індивідуальними. Проте, зі зменшенням періодичності ТО, питомі витрати на ТО будуть збільшуватися, оскільки буде збільшуватися загальна кількість ТО за певний проміжок часу. При цьому, питомі витрати на Р, навпаки, зменшуються, оскільки

попереджаються відмови які вимагатимуть проведення відповідних технічних дій.

Таблиця 3.11 – Витрати на ТО і Р АТЗ.

Періодичність ТО	Тривалість простою автомобіля, год.		Вартість, грн./год.				Загальні витрати на ТО і Р, грн.
	ТО	Ремонт	Нормо- години ТО	Нормо- години Р	ЗЧ і матеріали ТО	ЗЧ і матеріали Р	
КамаЗ 53229С							
Базова	797,7	263,1	295,00	345,00	514,91	190,46	696110,85
Скорегована	797,7	165,9	295,00	345,00	514,91	190,46	627548,88
Оптимізована	797,7	16,2	295,00	345,00	514,91	190,46	521954,99
КамаЗ 53229 АБС-6ДА/АБС-7ДА							
Базова	797,7	281,0	295,00	345,00	514,91	108,85	685679,81
Скорегована	797,7	122,7	295,00	345,00	514,91	108,85	587063,35
Оптимізована	797,7	23,1	295,00	345,00	514,91	108,85	524936,86
DAF 85 CF-380 самоскид							
Базова	295,2	197,9	420,00	420,00	545,89	244,25	404415,72
Скорегована	295,2	90,8	420,00	420,00	545,89	244,25	319712,71
Оптимізована	295,2	29,6	420,00	420,00	545,89	244,25	271356,14
DAF 85 CF-380 міксер							
Базова	498,6	182,2	420,00	420,00	545,89	230,18	560223,95
Скорегована	498,6	27,0	420,00	420,00	545,89	230,18	439777,89
Оптимізована	498,6	3,0	420,00	420,00	545,89	230,18	421152,21

Крім того, треба також врахувати втрати від простою автомобілів під час ремонту. В юриспруденції використовується термін упущена вигода (втрачений прибуток) – потенційний прибуток, реально не отриманий підприємством, кредитором чи іншим суб'єктом господарської діяльності [103]. Дане явище обумовлене невідповідністю виконання своїх зобов'язань однією із сторін ділового договору.

Якщо ж розглядати простої автомобілів в ТО і Р, як потенційно згашений час для виконання певної роботи, за яку підприємство могло б отримати певний прибуток, то для порівняння розміру можливих збитків нам необхідні наступні

вихідні дані:

- тариф перевезень за 1 км (Додаток Е);
- вантажопідйомність автомобіля (приймається з технічної характеристики певного автомобіля (Додаток Ж));
- можливий пройдений шлях за час простою автомобіля в ТО і Р (визначається виходячи з загального часу простою в ТО і Р, а також середньої технічної швидкості автомобіля (табл. 4.1 і 4.2)).

Оскільки розмір прибутку залежить від закладеної рентабельності у вартість послуг, яка приймається індивідуально в кожному АТП і для кожного типу перевезень, порівняння можна провести відносно загальної собівартості – чим більше значення тим більший втрачений прибуток

Також, в даному порівнянні доречно врахувати зміну собівартості послуг із-за зміни часу простою автомобілів в ТО і Р, що в свою чергу викликано зміною періодичності ТО. Собівартість можливих послуг при різній періодичності ТО розраховуватимемо згідно представленої в п.п. 3.4 методики за 1 рік використання дослідних автомобілів КамАЗ 53229 і DAF 85 CF-380 в специфікаціях самоскид і міксер (див. табл. 3.12).

Як видно з таблиці 3.12, при скорегованій періодичності тариф на перевезення зменшився тільки для автомобілів DAF, але при оптимізованій періодичності – тарифи збільшилися для всіх автомобілів. При цьому загальний розмір втраченої вигоди найбільше зменшується при оптимізованій періодичності у всіх дослідних автомобілів.

Якщо ж провести оптимізацію періодичності ТО l_{TO} відносно мінімізації собівартості перевезень C згідно представленої в попередньому підпункті методики:

$$R = f(X) = F(C, l_{TO}), \quad f(x) \rightarrow \min, \quad (3.30)$$

тоді можна визначити оптимальну періодичність ТО яка буде економічно доцільною для певного АТП в заданих умовах експлуатації.

Таблиця 3.12 – Втрачена вигода від простою автомобілів в ТО і Р.

Періодичність ТО	Час простою автомобіля, год.		Середня технічна швидкість, км./год.	Можлива пройдена відстань, км	Тариф на 1 км пробігу, грн.	Загальна собівартість послуги (втрачена вигода), тис.грн.
	ТО	Р				
КамАЗ 53229 (самоскид)						
Базова	797,7	263,1	34,8	36915,84	28,84	1064,65
Скорегована	797,7	165,9	34,8	33533,28	28,91	969,44
Оптимізована	797,7	16,2	34,8	28323,72	29,84	845,17
КамАЗ 53229 (міксер)						
Базова	797,7	281,0	34,9	37646,63	29,23	1100,41
Скорегована	797,7	122,7	34,9	32121,96	29,33	942,14
Оптимізована	797,7	23,1	34,9	28645,92	31,30	896,61
DAF 85 CF-380 (самоскид)						
Базова	295,2	197,9	35,1	17307,81	28,96	501,23
Скорегована	295,2	90,8	35,1	13548,6	28,89	391,41
Оптимізована	295,2	29,6	35,1	11400,48	28,98	330,38
DAF 85 CF-380 (міксер)						
Базова	498,6	182,2	34,6	23555,68	31,70	746,71
Скорегована	498,6	27,0	34,6	18185,76	31,63	575,21
Оптимізована	498,6	3,0	34,6	17355,36	31,98	555,02

Загальний вигляд функції оптимізації для дослідних автомобілів представлено на рис. 3.6, а значення оптимальної періодичності ТО і мінімальної собівартості 1 км перевезень представлено в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Оптимальна періодичність ТО відносно собівартості 1 км перевезень.

Автомобіль	Мінімальна собівартість 1 км перевезень, грн.	Оптимальна періодичність ТО
КамАЗ 53229 (самоскид)	28,84	7999,9 км
КамАЗ 53229 (міксер)	29,23	199,9 мото-год.
DAF 85 CF-380 (самоскид)	28,89	29623 км
DAF 85 CF-380 (міксер)	31,63	568,5 мото-год.

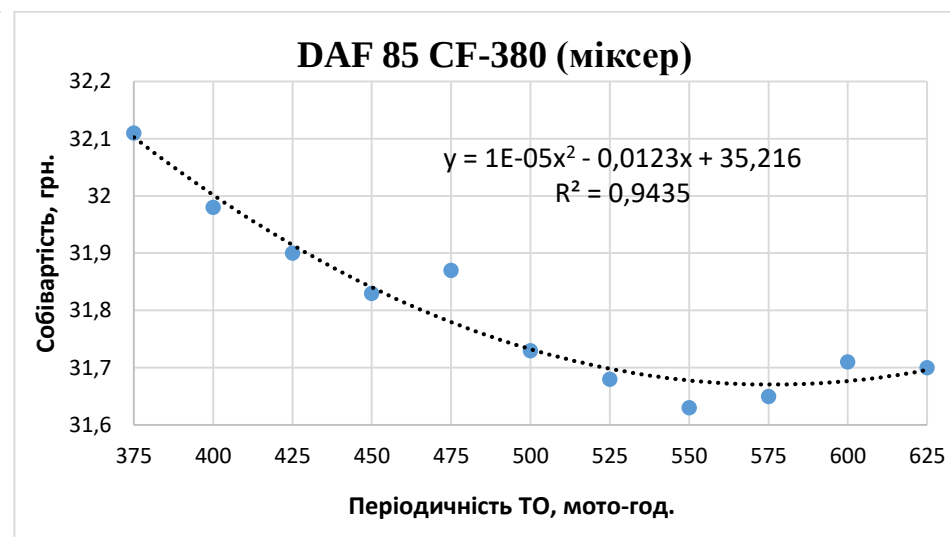
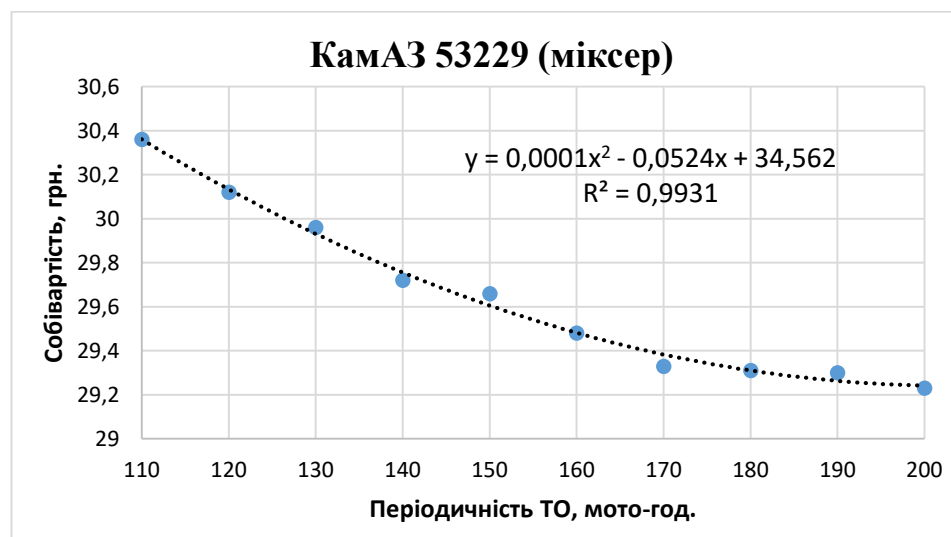
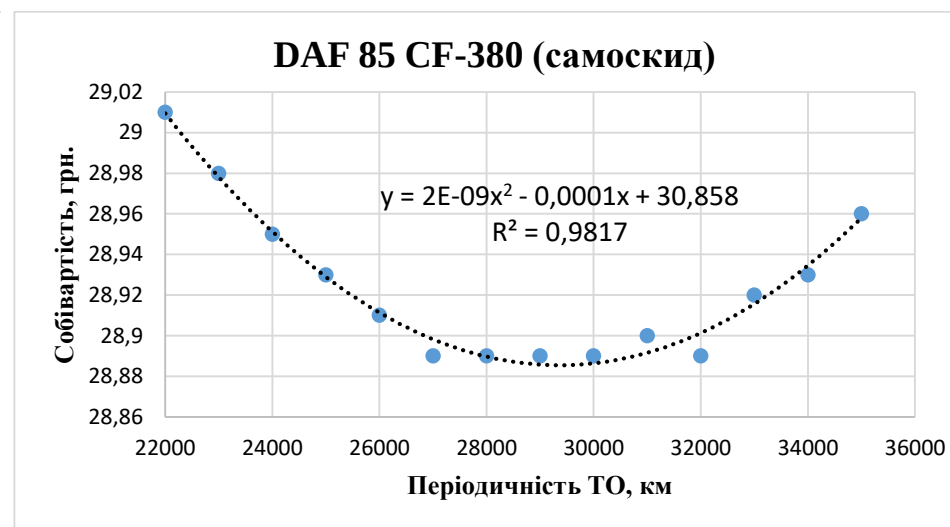
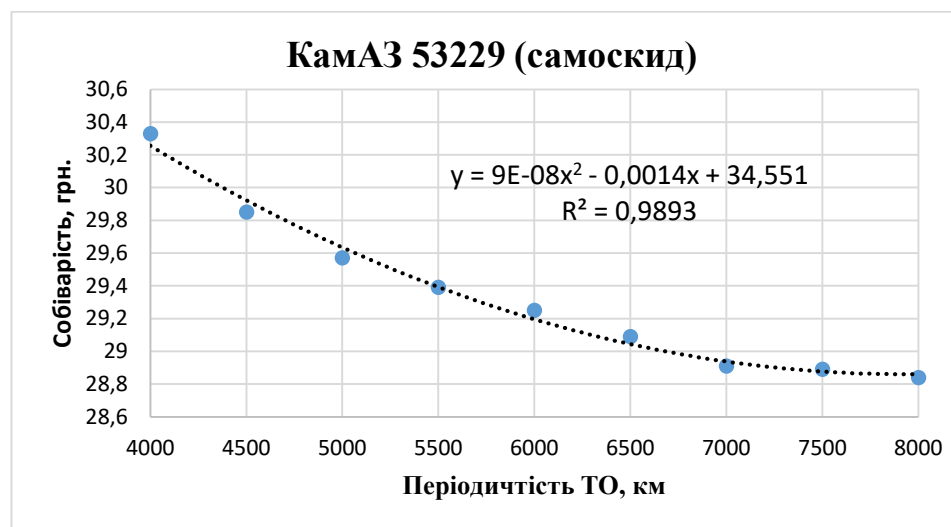


Рисунок 3.6 – Функції собівартості 1 км перевезень відносно періодичності ТО.

На основі приведеного вище аналізу видно, що максимальне попередження відмов – економічно недоцільне або малодоцільне і його можна рекомендувати тільки для окремих систем автомобіля, що впливають на його безпеку.

Коректування має позитивний ефект в більшій мірі для автомобілів DAF, а скореговані періодичність ТО найбільш наближені до економічно-оптимальних значень. Зокрема це обумовлено відмінностями вітчизняних умов експлуатації від запланованих автовиробником, а отже доцільності коректування періодичності ТО.

Для автомобілів КамАЗ коректування має позитивний ефект в меншій мірі і досягається тільки за рахунок зменшення втрат від простоїв в ремонті, про те найбільш оптимальна періодичність для автомобілів КамАЗ в обох специфікаціях відповідає значенням, що рекомендуються заводом-виробником. Це можна пояснити тим, що їхня система автомобіль – умови утримання – умови експлуатація є найбільш збалансованою, хоча і з низькою ефективністю.

3.6 Висновки до розділу 3

1. Проведено аналіз реального ресурсу вантажних автомобілів на основі зібраної на підприємстві ТОВ «Автобудкомплекс-К» статистичної інформації про технічну експлуатацію і ремонт рухомого складу. В якості дослідних об'єктів було обрано автомобілі сімейства КамАЗ 53229 і DAF 85 CF-380 в специфікації самоскид і міксер, оскільки перші, на теперішній час, повністю виконали напрацювання до капітального ремонту, а останні, серед автомобілів іноземного виробництва, мають найбільший період напрацювання.

2. Встановлено відсоток зниження фактичного напрацювання на відмову 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.

3. Встановлено, що автомобілі різних виробників та специфікацій мають різні ресурси, останні, в свою чергу, залежать від індивідуальних умов

експлуатації. На загальний ресурс автомобілів, як показав експертний аналіз, суттєво впливають умови експлуатації.

4. Для перевірки адекватності запропонованої методики коректування періодичності ТО було розроблено математичну модель, що на основі статистичних даних генерує випадкові транспортні процеси і інтенсивність виникнення відмов, враховуючи які визначався коригуючий коефіцієнт періодичності ТО. Дана методика дозволяє попередити більшість статистично зафіксованих відмов (52,9 %), при цьому відбулося скорочення періодичності обслуговування автомобілів для самоскидів КамАЗ – 11,16 %, DAF – 9,25 %, а для міксерів КамАЗ – 13,50 %, DAF – 10,88 %.

5. На основі проведеної оптимізації було встановлено, що для гарантованого запобігання більшості відмов, періодичність ТО має бути скорочена для самоскидів КамАЗ на 40,9 %, DAF – 34,4%, для міксерів КамАЗ на 41,9 %, а DAF – 36,2 %, що загалом дозволяє попередити 96,5 % відмов. Проте, на основі оптимізації періодичності ТО відносно мінімізації собівартості перевезень даними автомобілями встановлено, що для автомобілів КамАЗ не доцільно проводити коректування, оскільки мінімальна собівартість перевезень досягається при рекомендованих автовиробником значеннях періодичності ТО, а от для автомобілів DAF – навпаки доцільно, тим паче що скоректовані значення періодичності досить близькі до оптимізованих.

6. Встановлено, що для порівняльного аналізу різних автомобілів, доцільно перевіряти їх ефективність за однакових умов експлуатації, що не залежатимуть ні від зовнішніх, ні від внутрішніх чинників, а також виключити вплив людського фактору. За таких умов найбільш раціональне імітаційне математичне моделювання руху АТЗ в заданих умовах, що будуть однакові для всіх порівнюваних автомобілів і будуть використані у подальших дослідженнях.

7. Проведений аналіз ефективності виявив що для існуючих в місті Києві умов доцільно використовувати автомобілі DAF MAN Volvo, що володіють більшою вантажопідйомністю та кращими тягово-швидкісними властивостями. Такі автомобілі мають відносно менші питомі витрати на їхнє утримання і використання, що позитивно впливає на ефективність використання.

РОЗДІЛ 4 ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АТЗ НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ

4.1 Моделювання руху для визначення показників тягово-швидкісних властивостей АТЗ

У попередньому розділі проведено аналіз реального ресурсу вантажних автомобілів. Показано, що для порівняльного аналізу різних автомобілів доцільно перевіряти їх ефективність за однакових умов експлуатації, що не залежатимуть ні від зовнішніх, ні від внутрішніх чинників, а також виключити вплив людського фактору. За таких умов найбільш раціональне імітаційне математичне моделювання руху АТЗ в заданих умовах, що будуть однакові для всіх порівнюваних автомобілів, результатом якого буде середня технічна швидкість руху та витрата палива на заданому маршруті.

Сукупність показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності дозволяє оцінити технічний рівень АТЗ, порівняти його з вітчизняними та іноземними аналогами, а також визначити доцільність використання його в певних експлуатаційних умовах. Значення оціночних показників тягово-швидкісних властивостей АТЗ можуть бути отримані в процесі випробувань АТЗ або за допомогою засобів моделювання [82].

Моделювання руху АТЗ полягає у розв'язанні диференціального рівняння руху [104]:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta G_a} [P_k(v) - P_c(v, v^2)], \quad (4.1)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

δ – коефіцієнт, що враховує обертові маси автомобіля;

G_a – повна маса автомобіля, кг;

$P_k(v)$ – сила тяги, що створюється на ведучих колесах автомобіля, Н;

$P_c(v, v^2)$ – сумарна сила опору руху автомобіля, Н.

Сила тяги автомобіля чисельно рівна сумарній коловій силі на ведучих колесах і визначається за рівнянням [104]:

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_k}{r_k} \cdot \eta_T, \quad (4.2)$$

де M_e – крутний момент двигуна, Нм;

i_0 – передаточне число головної передачі автомобіля;

i_k – передаточне число коробки передач;

r_k – радіус колеса, м;

η_T – механічний коефіцієнт корисної дії (ККД) трансмісії.

Сумарна сила зовнішнього опору руху автомобіля складається з сил опору кочення коліс, підйому і повітряного середовища [104]:

$$P_C = P_f \pm P_i + P_w = G_a (f \pm i) + KFv^2, \quad (4.3)$$

де f – коефіцієнт опору кочення коліс автомобіля;

i – ухил дороги (на підйомі зі знаком плюс, на спуску – мінус);

KF – фактор опору повітря, Нс²/м²;

v – швидкість автомобіля, м/с.

На основі виразів (4.2) і (4.3) отримаємо рівняння руху автомобіля:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta} \left[\frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_k}{G_a} \cdot \eta_T - (f \pm i) - \frac{KF}{G_a} v^2 \right]. \quad (4.4)$$

Рівняння (4.4) можна представити у вигляді [104],

$$\frac{dv}{dt} = j_a = \frac{g}{\delta} [D - (f \pm i)], \quad (4.5)$$

де D – динамічний фактор автомобіля,

$$D = \frac{P_k - P_C}{G_a} = \frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_T - KF \cdot v^2}{r_k G_a}. \quad (4.6)$$

Представлений метод визначення показників тягово-швидкісних властивостей АТЗ найбільш повно враховує технічні характеристики реального автомобіля і має широке застосування на практиці. Даний метод використовується в різних цілях і представлений зокрема в [105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115].

Величину прискорення на заданій i -тій передачі для будь-якого значення швидкості руху при розгоні автомобіля може бути визначена за допомогою диференціального рівняння руху [116]:

$$j = \frac{1}{G_a \delta_i} \cdot (a_i V^2 + b_i V + c_i), \quad (4.7)$$

в якому коефіцієнти a_i , b_i , c_i визначають параметрами двигуна і трансмісії автомобіля:

$$a_i = a \cdot \frac{U_i^3 \cdot \eta_m}{r_d \cdot r_k^2}, \quad b_i = b \cdot \frac{U_i^2 \cdot \eta_m}{r_d \cdot r_k}, \quad c_i = c \cdot \frac{U_i \cdot \eta_m}{r_d}, \quad (4.8)$$

де U_i – загальне передаточне число трансмісії автомобіля на i -ій передачі;

r_d , r_k – відповідно динамічний радіус і радіус кочення колеса;

a , b , c – сталі коефіцієнти, котрі визначають за допомогою інтерполяційної формули Лагранжа [116]:

$$a = \frac{M_{e\min}}{A_{11}} + \frac{M_{e\max}}{A_{12}} + \frac{M_{eN}}{A_{13}},$$

$$b = \left[\frac{(\omega_N + \omega_M) \cdot M_{e\min}}{A_{11}} + \frac{(\omega_N + \omega_{\min}) \cdot M_{e\max}}{A_{12}} + \frac{(\omega_{\min} + \omega_M) \cdot M_{eN}}{A_{13}} \right], \quad (4.9)$$

$$c = \left(M_{e\min} \cdot \frac{\omega_M \cdot \omega_N}{A_{11}} + M_{e\max} \cdot \frac{\omega_N \cdot \omega_{\min}}{A_{12}} + M_{eN} \cdot \frac{\omega_{\min} \cdot \omega_M}{A_{13}} \right),$$

$$\begin{aligned}
A_{11} &= \omega_{\min}^2 + \omega_{\min} \cdot (\omega_N + \omega_M) + \omega_N \cdot \omega_M, \\
A_{12} &= \omega_M^2 + \omega_M \cdot (\omega_N + \omega_{\min}) + \omega_N \cdot \omega_{\min}, \\
A_{13} &= \omega_N^2 + \omega_N \cdot (\omega_M + \omega_{\min}) + \omega_M \cdot \omega_{\min},
\end{aligned} \tag{4.10}$$

де $\omega_{\min}$, $M_{k.\min}$ – мінімальна кутова швидкість колінчастого валу двигуна, рад/с, та крутний момент, Н·м, при цій кутовій швидкості;

$M_{k.\max}$, ω_M – максимальний крутний момент двигуна, Н·м, та кутова швидкість колінчастого валу двигуна, рад/с, що йому відповідає;

M_N , ω_N – крутний момент, Н·м, та кутова швидкість колінчастого валу двигуна, рад/с, що відповідають його максимальній потужності.

Максимальне прискорення в процесі розгону на заданій передачі знаходимо як ординату точки екстремуму функції $j = f(V)$, тобто [116]:

$$\frac{dj}{dV} = \frac{1}{G_a \delta_i} \cdot (2a_i + b_i) = 0, \tag{4.11}$$

звідки

$$V = -\frac{b_i}{2a_i}. \tag{4.12}$$

Для визначення максимального прискорення в процесі розгону автомобіля на заданій передачі, можна скористатися формулою [116]:

$$j_{\max} = \frac{1}{G_a \delta_i} \cdot \left(c_i - \frac{b_i^2}{4a_i} \right). \tag{4.13}$$

Середнє прискорення автомобіля при розгоні на заданій передачі може бути обчислено за формулою [116]:

$$j_{\text{ср}} = \frac{1}{G_a \delta_i} \cdot \frac{\int_{V_H}^{V_K} (a_i V^2 + b_i V + c_i) dV}{V_K - V_H}, \tag{4.14}$$

або

$$j_{cpi} = \frac{1}{G_a \delta_i} \cdot \left[\frac{a_i}{3} \cdot (V_K^2 + V_K V_H + V_H^2) + \frac{b_i}{2} \cdot (V_K + V_H) + c_i \right], \quad (4.15)$$

де V_H і V_K – відповідно початкова і кінцева швидкість на i -тій передачі.

Тоді, маючи всі необхідні вихідні дані, визначимо швидкість руху автомобіля в кінці певної (заданої) ділянки шляху [104]:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot j_a \cdot S}, \quad (4.16)$$

де v_0 – початкова швидкість, м/с;

S – пройдений шлях або довжина ділянки дороги пройденої автомобілем в кінці якої визначається швидкість руху.

Після перемикавання передач швидкість руху автомобіля змінюється в залежності від дорожніх умов (підйом чи спуск дороги). Швидкість руху після перемикавання передач можна визначити за формулою [104]:

$$v = v_0 - \frac{g}{\delta} (f \pm i) t_{nep}, \quad (4.17)$$

де v_0 – швидкість автомобіля в момент перемикавання, м/с;

t_{nep} – середній час перемикавання, с.

Крім того, швидкість автомобіля може бути обмежена зовнішніми умовами – максимально допустимою на дорозі V_{PDR} (встановлена правилами дорожнього руху) та/або внутрішніми – швидкостями перекидання V_{nep} та заносу V_3 . Дві останні можна визначити за виразами [104, 113]:

$$V_{nep} = \sqrt{\frac{g \cdot R_n \cdot B}{2h_g}}, \quad (4.18)$$

$$V_3 = \sqrt{g \cdot R_n \cdot \varphi}, \quad (4.19)$$

де R_n – радіус повороту, м;

B – колія автомобіля;

h_g – висота центра мас автомобіля;

φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорожнім покриттям.

Крім того, необхідно визначитися з режимом руху автомобіля, для якого буде проводитися моделювання. Їх умовно поділяють на:

- неусталений режим руху при повному використанні потужності двигуна;
- усталений режим руху при повному використанні потужності двигуна;
- усталений режим руху при частковому використанні потужності двигуна;
- усталений режим руху при роботі двигуна без навантаження за мінімальної частоти обертання (холостий хід) [82].

Перший режим моделюється при розгоні АТЗ до заданих швидкостей руху в циклах, або до максимальної швидкості автомобіля на відповідних ділянках заданого експлуатаційного маршруту. Всі розрахункові дані (динамічний фактор, миттєве прискорення, швидкість тощо) при цьому визначаються безпосередньо із зовнішніх швидкісних характеристик двигуна [82].

Другий режим характерний здебільшого при русі АТЗ на заданих експлуатаційних маршрутах з різним опором дороги, зокрема на затяжних підйомах. Модель цього режиму описує рух АТЗ зі сталою максимальною швидкістю на відповідній ділянці при рівності динамічного фактору коефіцієнту опору дороги [82].

Третій режим руху спостерігається найбільш часто – він відповідає руху АТЗ з постійною швидкістю в їзових циклах, або руху по ділянці заданого маршруту з максимальною швидкістю при значенні динамічного фактору більшому за коефіцієнт опору дороги [82].

Четвертий режим – рух автомобіля в їзових циклах при сповільненні [82].

Оскільки весь віртуальний маршрут, по якому буде відбуватися рух автомобіля поділений на окремі відрізки, то для кожного з них буде підбиратися

свій режим руху. Основними вихідними даними для моделювання наступного відрізка шляху будуть:

- змодельована швидкість в кінці попереднього відрізка – v_0 ;
- коефіцієнт опору кочення коліс автомобіля на новому відрізку – f ;
- ухил дороги на новому відрізку – i ;
- довжина нового відрізка – S ;
- кривизна профілю дороги (радіус дороги) нового відрізка – R_n ;
- коефіцієнт зчеплення коліс з дорожнім покриттям нового відрізка – φ ;
- максимально допустима швидкість на відрізку шляху – V_{PDR} .

Решта параметрів моделюються на основі вище вказаних даних або залишаються беззмінними.

Крім того моделюється шлях ΔS_i та час Δt_i руху при розгоні АТЗ на інтервалі, визначеному двома сусідніми відліками зовнішньої характеристики двигуна, або, у випадку переходу на наступну передачу, між відліком, який відповідає максимальній кутовій швидкості обертання валу двигуна на i -й передачі та найближчим відліком, який характеризується більшою лінійною швидкістю на $i+1$ -й передачі коробки передач [82]:

$$\Delta t_i = \frac{2 \cdot (v_{i+1} - v_i)}{j_{i+1} + j_i}, \quad (4.20)$$

$$\Delta S_i = \frac{v_i + v_{i+1}}{2} \cdot \Delta t_i. \quad (4.21)$$

Сума значень, розрахованих за формулами (4.20) і (4.21) дасть нам змогу визначити загальний час і пройдений шлях транспортним засобом, за допомогою яких можна визначити середню швидкість:

$$v_{cp} = \frac{S}{t} = \frac{\sum \Delta S_i}{\sum t_i}. \quad (4.22)$$

Для розрахунку показників тягово-швидкісних властивостей необхідні

вихідні дані про автомобілі, що є на підприємстві. Ці дані приймаються з технічної характеристики для автомобілів самоскидів [117, 118, 119, 120, 121] та міксерів [118, 119, 120, 121, 122] (Додаток Ж).

Моделювання руху усіх автомобілів здійснюється на одному і тому ж маршруті. Результатом даного моделювання буде час t проходження заданої відстані S маршруту і середня технічна швидкість v_T . Ці значення для подальшого порівняння ефективності використання автомобілів приведені в таблиці 4.1 – для самоскидів та 4.2 – для міксерів.

Таблиця 4.1 – Змодельовані значення руху автомобілів-самоскидів

№ п/п	Параметр	Стан автомобіля	Значення для автомобіля				
			КамАЗ 53229	КрАЗ 65055	DAF 85 CF- 380	MAN TGA 35.360 8x4	Volvo FM 8x4 R
Значення для порівняльної характеристики ефективності використання АТЗ							
1	Довжина маршруту S , м	Завантажений	16286				
		Порожній	15258				
2	Час проходження маршруту t , с	Завантажений	1684	1697	1695	1733	1676
		Порожній	1550	1573	1546	1574	1563
3	Середня технічна швидкість v_T , м/с	Завантажений	9,67	9,60	9,61	9,40	9,72
		Порожній	9,84	9,70	9,87	9,69	9,76
4	Середнє значення швидкості на маршруті, м/с (км/год.)		9,75 (35,1)	9,65 (34,7)	9,73 (35,0)	9,54 (34,3)	9,74 (35,1)
Додаткові порівняльні значення тягово-швидкісних властивостей АТЗ							
5	Час розгону до V_{max} , с	Завантажений	173,2	107,6	72,1	91,3	97,6
6	Шлях розгону до V_{max} , м	Завантажений	4329,0	2389,2	1701,6	2412,3	2410,1
7	Час розгону до 80 км/год., с	Завантажений	128,6	107,6	66,2	77,3	78,7
8	Шлях розгону до 80 км/год., м	Завантажений	2855,6	2389,2	1470,3	1716,7	1747,0

Таблиця 4.2 – Змодельовані значення руху автомобілів-міксерів

№ п/п	Параметр	Стан автомобіля	Значення для автомобіля			
			МАЗ 630303	КамАЗ 53229	DAF 85 CF- 380	MAN TGA 35.360 8x4
Значення для порівняльної характеристики ефективності використання АТЗ						
1	Довжина маршруту S , м	Завантажений	16286			
		Порожній	15258			
2	Час проходження маршруту t , с	Завантажений	1729	1709	1714	1665
		Порожній	1563	1637	1568	1546
3	Середня технічна швидкість v_T , м/с	Завантажений	9,42	9,53	9,50	9,78
		Порожній	9,76	9,32	9,73	9,87
4	Середнє значення швидкості на маршруті, м/с (км/год.)		9,59 (34,5)	9,43 (33,9)	9,61 (34,6)	9,82 (35,4)
Додаткові порівняльні значення тягово-швидкісних властивостей АТЗ						
5	Час розгону до V_{max} , с	Завантажений	130,9	92,1	60,5	93,4
6	Шлях розгону до V_{max} , м	Завантажений	3638,5	2045,3	1427,6	2410,9
7	Час розгону до 80 км/год., с	Завантажений	75,4	92,1	55,9	77,0
8	Шлях розгону до 80 км/год., м	Завантажений	1673,7	2045,3	1241,4	1709,8

Крім того, в дані таблиці додатково включені значення часу розгону автомобілів до їх максимальної швидкості V_{max} та 80 км/год, що є максимальною швидкістю для автомобілів КамАЗ відносно технічної характеристики, і пройденої при цьому відстані S_V і S_{80} , згідно ГОСТ 22576-90 [87], що більш наглядно дозволить оцінити різницю в тягово-швидкісних властивостях автомобілів.

Як видно з таблиць 4.1 і 4.2, за тягово-швидкісними властивостями в обох випадках кращими є автомобілі DAF. Але при моделюванні їздового маршруту, що враховує набагато більше факторів дорожнього руху – підйоми і спуски, повороти дороги, виявляється, що середня технічна швидкість на всьому маршруті для самоскидів КамАЗ, DAF і Volvo є майже однаковою, а серед міксерів найкращий результат у автомобілів MAN. При цьому різниця між

максимальною і мінімальною змодельованою середньо-технічною швидкістю у самоскидів становить 1,1 %, а у міксерів – 2,5 %. Загалом зберігається тенденція, що автомобілі з більшим відношенням потужності двигуна до максимальної повної маси показують кращі тягово-швидкісні показники.

4.2 Моделювання руху для визначення показників паливної економічності АТЗ

Витрату палива на маршруті визначають для тих же режимів роботи двигуна, що і при визначенні показників тягово-швидкісних властивостей, зокрема, при холостому ході Q_{xx} , при усталеному русі з постійною швидкістю Q_i та при неусталеному русі з повним і частковим використанням потужності двигуна Q_N .

Витрата палива при холостому ході Q_{xx} , характерна під час зупинки автомобіля (наприклад на світлофорі) або під час гальмування. Вона визначається як [123]:

$$Q_{xx} = (a_Q \cdot \omega_{xx}^2 + b_Q \cdot \omega_{xx} + c_Q) \cdot \frac{t_{xx}}{3600}, \quad (4.23)$$

де a_Q , b_Q і c_Q – коефіцієнти апроксимації функції годинної витрати палива двигуна, що має вигляд:

$$Q_o = a_Q \cdot \omega^2 + b_Q \cdot \omega + c_Q, \quad (4.24)$$

де ω_{xx} – частота обертання колінчастого валу двигуна на холостому ході;

t_{xx} – час роботи двигуна на холостому ході.

За наявності швидкісних зовнішніх характеристик двигунів коефіцієнти a_Q , b_Q , c_Q визначаються за допомогою інтерполяційної формули Лагранжа і можуть бути визначені як [124]:

$$\begin{aligned}
a_Q &= \frac{((g_N \cdot N_{\max} - g_{\min} \cdot N_{\min}) \cdot (\omega_M - \omega_{\min}) - (g_M \cdot N_M - g_{\min} \cdot N_{\min}) \cdot (\omega_N - \omega_{\min}))}{1000 \cdot ((\omega_N^2 - \omega_{\min}^2) \cdot (\omega_M - \omega_{\min}) + (\omega_{\min}^2 - \omega_N^2) \cdot (\omega_N - \omega_{\min}))}, \\
b_Q &= \frac{\frac{(g_M \cdot N_M - g_{\min} \cdot N_{\min})}{1000} + a_Q \cdot (\omega_{\min}^2 - \omega_M^2)}{\omega_M - \omega_{\min}}, \\
c_Q &= \frac{g_{\min} \cdot N_{\min}}{1000} - a_Q \cdot \omega_{\min}^2 - b_Q \cdot \omega_{\min}^2.
\end{aligned} \tag{4.25}$$

Витрата палива при неусталеному русі за повного використання потужності двигуна, що відповідає режимам розгону автомобіля визначається, кг [123, 124, 125]:

$$Q_i = M_a \cdot \delta_{об} \cdot \int_{v_n}^{v_k} \frac{a_{Qc} \cdot V^2 + b_{Qc} \cdot V + c_{Qc}}{a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i} dV, \tag{4.26}$$

де M_a – повна маса автомобіля, кг;

$\delta_{об}$ – коефіцієнт, який враховує обертові маси автомобіля;

V_n, V_k – початкова і кінцева швидкості руху автомобіля, м/с;

a_{Qc}, b_{Qc}, c_{Qc} – коефіцієнти рівняння, яким апроксимується залежність секундної витрати палива двигуном від частоти обертання колінчастого валу, що визначаються як:

$$a_{Qc} = \frac{a_Q \cdot U_i^2}{3600 \cdot r_k^2}, \quad b_{Qc} = \frac{b_Q \cdot U_i}{3600 \cdot r_k}, \quad c_{Qc} = \frac{c_Q}{3600}, \tag{4.27}$$

де U_i – загальне передаточне число трансмісії автомобіля на i -ій передачі;

r_k – радіус кочення колеса, м;

a_i, b_i, c_i – коефіцієнти правої частини диференційного рівняння руху автомобіля, що визначаються із рівняння:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot g = a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i, \tag{4.28}$$

де $a_i = A_i - K_B \cdot F$, $b_i = B_i - K_f \cdot M_a \cdot g$, $c_i = C_i - f_a \cdot M_a \cdot g$;

K_B – коефіцієнт обтічності, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

K_f – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнту опору кочення при збільшенні швидкості руху;

F – лобова площа, м^2 ;

f_a – коефіцієнт опору кочення при малих швидкостях руху;

A_i, B_i, C_i – емпіричні коефіцієнти.

Витрата палива при усталеному русі автомобіля з постійною швидкістю визначається за секундною витратою палива та відомому часі руху на заданій ділянці [124]:

$$Q_N = (a_{Qc} \cdot V_i^2 + b_{Qc} \cdot V_i + c_{Qc}) \cdot t_i, \quad (4.29)$$

де t_i – час руху автомобіля на заданій ділянці маршруту зі сталою швидкістю, с.

При визначенні витрати палива за умови часткового використання потужності двигуна вводиться коефіцієнт корекції витрати палива k_Q , що визначається [125]:

$$k_Q = a_{ki} \cdot k_i^2 + b_{ki} \cdot k_i + c_{ki}, \quad (4.30)$$

де k_i – коефіцієнт використання потужності двигуна;

a_{ki}, b_{ki}, c_{ki} – коефіцієнти апроксимації функції $k_Q = f(k_i)$.

Коефіцієнт використання потужності двигуна для визначення показників паливної економічності [124, 125]:

$$k_i = \frac{M_a \cdot g \cdot (f_0 + K_f \cdot V) + K_B \cdot F \cdot V^2}{a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i}, \quad (4.31)$$

де f_0 – коефіцієнт опору кочення при малих швидкостях руху;

K_f – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнту опору кочення при збільшенні швидкості руху;

K_B – коефіцієнт обтічності, $\text{H}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$;

F – лобова площа, м^2 ;

a_i, b_i, c_i – коефіцієнти апроксимації (4.8).

За відсутності часткових характеристик двигуна і для порівняльних розрахунків, можна застосовувати рівняння (4.30) при наступних значеннях коефіцієнтів a_{ki} , b_{ki} , c_{ki} , рекомендованих у [124, 125]:

$$a_{ki} = 0,475; \quad b_{ki} = 0,4275; \quad c_{ki} = 0,17.$$

Сумарна витрата палива на заданому маршруті, виражена у л/100 км, є показником, який надає найбільш точне уявлення про паливну економічність АТЗ – як правило, одну з найбільш важливих його експлуатаційних властивостей [82]. Сумарна витрата палива на модельованому маршруті, визначається як сума витрат палива на кожній з ділянок маршруту враховуючи режим роботи двигуна:

$$Q = \sum Q_{xx} + \sum Q_i + \sum Q_N. \quad (4.32)$$

При повному навантаженні двигуна (режими розгону, рух зі сталою максимальною швидкістю при рівності динамічного фактору коефіцієнту опору дороги) питомі витрати палива визначаються безпосередньо як відліки зовнішньої характеристики витрати палива. При частковому використанні потужності двигуна (при русі зі швидкістю меншою максимальною або при коефіцієнті опору дороги меншому значення динамічного фактору при обраній швидкості) для визначення паливної економічності необхідно знати характеристику, яка встановлює зв'язок між годинними витратами палива при повному та частковому навантаженнях двигуна [82].

Для цілей порівняльного аналізу цілком застосовним може вважатися спосіб

визначення цієї характеристики, запропонований А.С. Литвиновим [126]:

$$\frac{q}{q_0} = 0,475 \cdot \left(\frac{M_k}{M_{k0}} \right)^2 + 0,4275 \cdot \left(\frac{M_k}{M_{k0}} \right) - 0,0975, \quad (4.33)$$

де q та q_0 – годинні витрати палива відповідно при частковому та максимальному використанні потужності двигуна;

M_k та M_{kmax} – крутні моменти на валу двигуна у режимах відповідно часткового та повного навантаження.

За наведеною вище математичною імітаційною моделлю визначався обсяг палива, що витрачають порівнювані автомобілі під час переміщення вантажу (завантажений стан) і рухаючись назад за новою партією (порожній стан) згідно обраного їздового маршруту. Результати, даного моделювання приведені в таблицях 4.3 і 4.4 для самоскидів і міксерів відповідно.

Із представлених значень витрати палива спостерігається тенденція, що автомобілі, які мають більшу середню технічну швидкість, як самоскиди так і міксери, витрачають меншу кількість палива. Хоча габаритні розміри, маса і тип трансмісії, особливо кількість передач, також вплинули на витрату палива.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку показників паливної економічності автомобілів-самоскидів в їздовому циклі.

№ п/п	Параметр	Значення для автомобіля				
		КамАЗ 53229	КрАЗ 65055	DAF 85 CF- 380	MAN TGA 35.360 8x4	Volvo FM 8x4 R
1	Витрата пального в завантаженому стані автомобіля, л.	5,91	6,51	6,15	6,68	6,91
2	Витрата пального в порожньому стані автомобіля, л.	5,52	5,98	5,76	6,01	5,96
3	Середня сумарна витрата пального, л/100 км	36,24	39,60	37,76	40,23	40,80

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку показників паливної економічності автомобілів-міксерів в їздовому циклі.

№ п/п	Параметр	Значення для автомобіля			
		МАЗ 630303	КамАЗ 53229	DAF 85 CF- 380	MAN TGA 35.360 8x4
1	Витрата пального в завантаженому стані автомобіля, л.	6,37	6,38	6,64	6,49
2	Витрата пального в порожньому стані автомобіля, л.	5,3	5,92	5,77	5,51
3	Середня сумарна витрата пального, л/100 км	37,00	38,99	39,34	38,04

4.3 Моделювання їздового циклу на основі реального маршруту

При виборі маршруту руху автомобілів для моделювання їздового циклу було проаналізовано дані, отримані з GPS систем для моніторингу, що встановлені на міксерах і самоскидах ТОВ «Автобудкомплекс-К». Було проаналізовано маршрути автомобілів за період від 1 вересня 2017 року до 1 лютого 2018 року.

Враховуючи специфіку роботи і призначення міксерів та самоскидів, основна зона їхнього покриття знаходиться в радіусі 25 км від виробничих потужностей, а максимальна довжина вантажної їздки досить рідко перевищує 40 км.

На основі таких умов роботи рухомого складу, було прийнято рішення підібрати для моделювання однаковий маршрут для обох типів транспортних засобів, довжина якого як у завантаженому так і в порожньому стані не перевищуватиме 20 км. На основі отриманих GPS даних було обрано маршрут:

- завантажений стан від вул. Святошинська, 34 до вул. Маршала Тимошенка, 21 загальною довжиною 16,286 км (рис. 4.1);

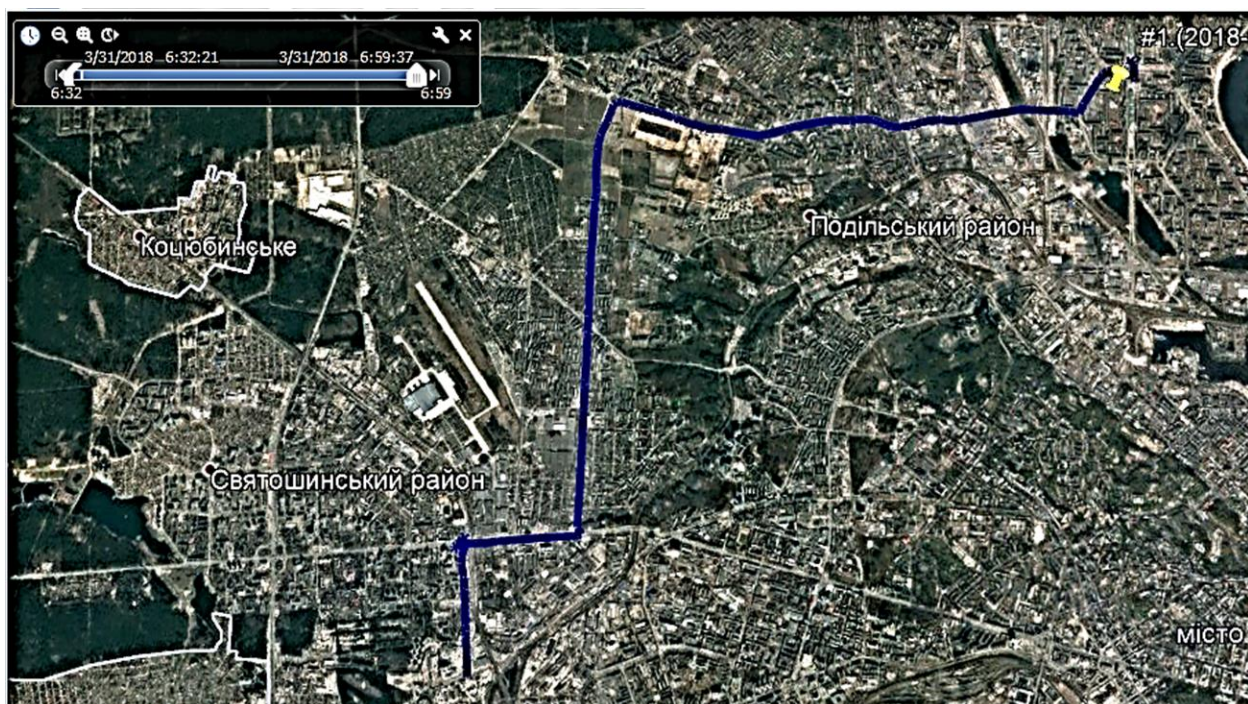


Рисунок 4.1 – Маршрут руху в завантаженому стані

- порожній стан від вул. Маршала Тимошенка, 21 до вул. Святошинська, 34 загальною довжиною 15,258 км (рис. 4.2).

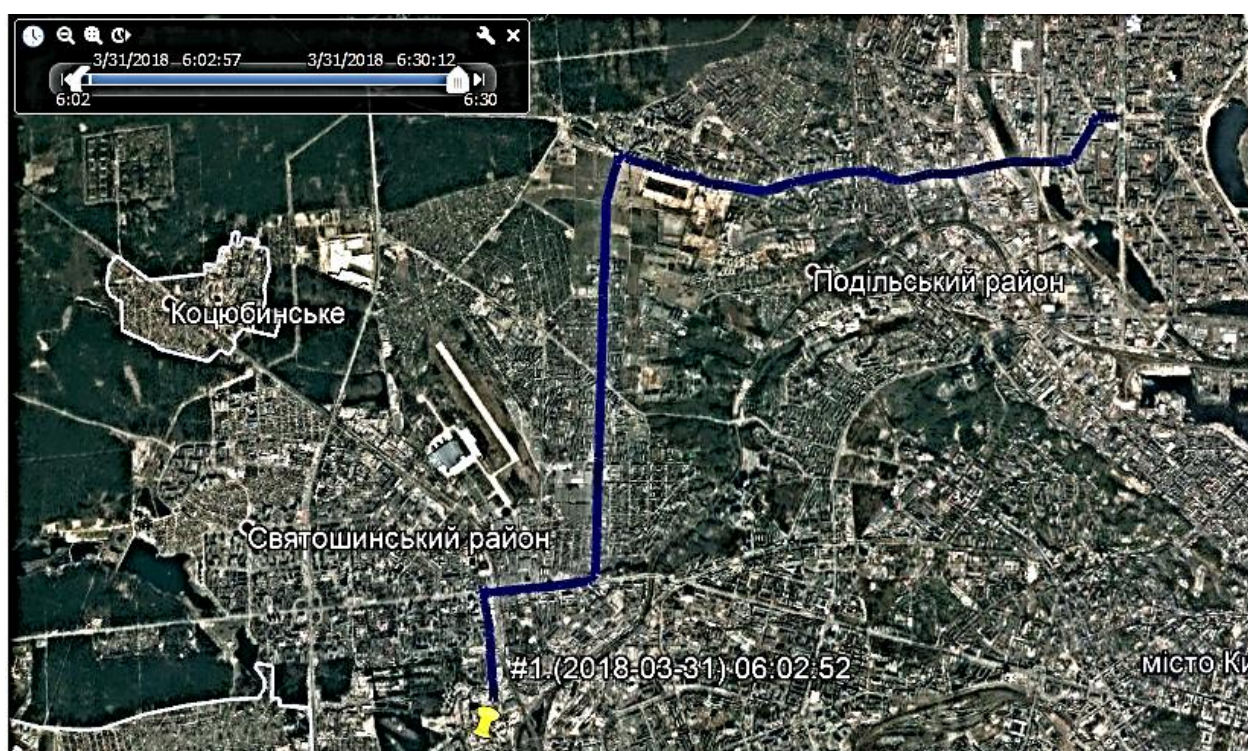


Рисунок 4.2 – Маршрут руху в порожньому стані

Коефіцієнт використання пробігу для такого маршруту становить $\beta = 0,52$. Даний маршрут проходить по дорогам м. Києва, де дозволено рух транспортних засобів з масою до 42 т, з ухилом доріг 1...4 %, радіусами поворотів від 11 до 500 м, а також з обмеженням максимальної швидкості руху 40...50 км/год, а на окремих ділянках до 60 км/год. Більш детальна характеристика маршруту представлена в додатку К.

Отримані результати розрахунків показників ефективності використання автомобілів, що розглядаються, потребують експериментальної перевірки.

4.4 Експериментальні дослідження АТЗ

Для перевірки імітаційної моделі, розрахунки якої були покладені в основу оцінки ефективності автомобілів і корекції режимів ТО, необхідно перевірити її адекватність. Для цього доречно провести натуральні експериментальні дослідження при використанні реального автомобіля. Зважаючи на високу вартість оренди автомобілів в специфікації самоскид і міксер, а також за відсутності стабільних умов використання ТОВ «Автобудкомплекс-К» автомобілів на представленому маршруті (різний рівень завантаження, не всі автомобілі виконують їздки по даному маршруту) було вирішено провести дослідження на автомобілі, який по загальним конструктивним ознакам повторював представлені вище. Основними конструктивними ознаками, в нашому випадку, будуть виступати:

двигун – дизель з нагнітанням повітря за допомогою турбіни;

трансмісія – моноприводна з механічною коробкою передач.

Виходячи з встановлених конструкційних ознак, для експерименту було залучено легковий автомобіль Renault Logan (рис. 4.3) з турбованим дизелем робочим об'ємом 1461 см³, передньо-приводний з механічною п'ятиступеневою коробкою передач і масою 1045 кг в спорядженому стані і 1575 кг – в завантаженому.



Рисунок 4.3 – Автомобіль Renault Logan, що приймав участь в експерименті.

Попередньо для цього автомобіля за допомогою розробленої математичної моделі було визначено показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності у тих же режимах руху, що і для автомобілів-самоскидів і міксерів. Автомобіль був обладнаний необхідними вимірювальними засобами. Коротка технічна характеристика цих засобів представлена в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічна характеристика вимірювальних засобів, що приймали участь в експерименті.

Найменування	Призначення	Технічна характеристика
1	2	3
Діагностичний сканер-адаптер OBD-2 ELM 327v.1.5 Bluetooth	Зчитує робочу інформацію з блоку керування двигуном автомобіля	Підтримує низько-швидкісний і високо-швидкісний протокол передачі даних по OBD2. Зчитує (основні) параметри в режимі реального часу: оберти двигуна, температуру охолоджуючої рідини, швидкість автомобіля, моментальну витрату пального, масову витрату повітря, положення дросельної заслінки, дані лямбда-зонда.
GPS-модуль GlobalSat ND-105s	Визначення місця знаходження	GPS чіп – MTK II. Кількість каналів – 66. Підключення до смартфонів, планшетів та МПК через micro-USB.

Продовження таблиці 4.5

1	2	3
Програмне забезпечення Android OBD Doctor PRO	Програмне забезпечення для роботи з OBD-2 ELM 327	Підтримка пристроїв з ОС Android 5.1 і вище та протоколу Bluetooth. Підключення сторонніх пристроїв GPS. Можливість зчитування робочої інформації з блоку керування двигуном автомобіля.
Програмне забезпечення Android Torque PRO	Програмне забезпечення для роботи з OBD-2 ELM 327	Підтримка пристроїв з ОС Android 5.1 і вище та протоколу Bluetooth. Підключення сторонніх пристроїв GPS. Можливість зчитування робочої інформації з блоку керування двигуном автомобіля.
Програмне забезпечення GPS Service: GPS Tracker	Програмне забезпечення для роботи з GlobalSat ND-105s та мобільними A-GPS.	Підтримка пристроїв з ОС Android 5.1 і вище. Підключення до A-GPS та сторонніх пристроїв GPS. Визначення місця знаходження, пройденої відстані та швидкості в реальному часі. Запис GPS-координат і пройденого маршруту.
Комунікацій пристрій на базі мобільного персонального комп'ютера Lenovo TAB 3-730X	Пристрій для роботи з OBD-2 ELM 327, GlobalSat ND-105s, OBD Doctor PRO, Torque PRO, GPS Service: GPS Tracker	ОС Android 6.0. Модуль A-GPS – присутній. Порт micro-USB – присутній. Протокол Bluetooth – присутній. Накопичувач для зберігання інформації – присутній.

Оскільки математична модель моделює рух автомобіля в ідеальних умовах без врахування присутності перешкод в особі інших учасників дорожнього руху, режимів роботи світлофорів або потреби надавати перевагу в русі, сили попутного або зустрічного вітру та незадовільного стану дорожнього полотна, то проведення досліду відбувалося в час, коли зайві перешкоди будуть відсутні або зведені до мінімуму.

Для підвищення достовірності результатів дослідження і нівелювання дії непередбачених обставин, що можуть вплинути на результат руху автомобіля на певній ділянці маршруту, було виконано п'ять контрольних дослідів, результати яких представлені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати дослідження руху автомобіля в реальних умовах на контрольному маршруті.

№ досліджу	Стан автомобіля	Пройдена відстань, м	Час в русі, с.	Середня швидкість, км/год.	Витрата пального, л (л/100 км)
1	Завантажений	16296	1248	47,0	1,21 (7,92)
	Порожній	15260	1164	47,2	1,09 (6,69)
2	Завантажений	16293	1221	48,0	1,19 (7,80)
	Порожній	15250	1151	47,7	1,17 (7,18)
3	Завантажений	16275	1233	47,5	1,19 (7,80)
	Порожній	15257	1188	46,2	1,11 (6,82)
4	Завантажений	16283	1299	45,1	1,29 (8,45)
	Порожній	15265	1231	44,6	1,12 (6,88)
5	Завантажений	16282	1228	47,7	1,21 (7,93)
	Порожній	15259	1202	45,7	1,13 (6,94)

Відносну точність проведених дослідів можна визначити за допомогою коефіцієнта варіації, що визначається за формулою [69, 70]:

$$V_{\sigma} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (4.34)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення, що визначається за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (4.35)$$

де x_i – значення i -го параметра вибірки;

$\bar{x}$ – середнє значення вибірки;

n – кількість значень в вибірці.

Результати розрахунків коефіцієнту варіації для отриманих експериментально значень досліджень представлено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розраховане значення коефіцієнтів варіації.

Параметр	Пройдена відстань, м	Час в русі, с.	Середня швидкість, км/год.	Витрата пального, л
Стан автомобіля – завантажений				
Середнє значення $\bar{x}$	16286	1246	47,1	1,22
Середнє-квадратичне відхилення σ	7,7	28,0	1,0	0,04
Коефіцієнт варіації V_σ , %	0,047	2,251	2,221	3,046
Стан автомобіля –порожній				
Середнє значення $\bar{x}$	15258	1187	46,3	1,12
Середнє-квадратичне відхилення σ	4,9	28,2	1,1	0,03
Коефіцієнт варіації V_σ , %	0,032	2,379	2,340	2,361

Якщо коефіцієнт варіації V_σ перевищує 33,3 %, то це вказує на неоднорідність варіаційного ряду, тобто розбіжність значень вибірки досить велика, а надійність середнього значення – низька [70]. Отже, представлені в таблиці 4.7 середні значення показників можна прийняти для порівняння із змодельованими, які представлено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Порівняння експериментальних і змодельованих значення.

Параметри	Значення		Відносна похибка, %	Значення		Відносна похибка, %
	Експериментальні	Змодельовані		Експериментальні	Змодельовані	
	Завантажений стан			Порожній стан		
Пройдена відстань, м	16286	16286	—	15258	15258	—
Час в русі, с.	1246	1223	1,85	1187	1163	2,02
Середня швидкість, км/год.	47,1	47,9	1,67	46,3	47,2	1,91
Витрата пального, л	1,22	1,21	0,82	1,12	1,14	1,75

Крім того виконаємо порівняння змодельованих значень із статистичними даними GPS від реальних автомобілів, що виконували їздки по вказаному

маршруту. Для зменшення впливу різних чинників умов експлуатації використовувалися дані одних і тих самих автомобілів MAN TGA 35.360 8x4 самоскид і КамАЗ 53229 міксер, що виконували їздки приблизно в один період, зокрема в нічний період часу і тим самим мали практично однакові умови дорожнього руху. Дані значення представлені в табл. 4.9 – 4.11.

Таблиця 4.9 – GPS дані руху автомобілів в реальних умовах на контрольному маршруті.

№ досліджу	Стан автомобіля	Пройдена відстань, м	Час в русі, с.	Середня швидкість, км/год.	Витрата пального, л
MAN TGA 35.360 8x4					
1	Завантажений	16289	1725	34,0	6,29
	Порожній	15253	1630	33,7	5,83
2	Завантажений	16291	1720	34,1	6,28
	Порожній	15260	1640	33,5	5,84
3	Завантажений	16280	1735	33,8	6,28
	Порожній	15255	1655	33,2	5,85
4	Завантажений	16284	1734	33,8	6,29
	Порожній	15258	1620	33,9	5,85
5	Завантажений	16285	1750	33,5	6,30
	Порожній	15262	1630	33,7	5,84
КамАЗ 53229					
1	Завантажений	16296	1685	34,8	6,43
	Порожній	15255	1620	33,9	5,92
2	Завантажений	16289	1715	34,2	6,64
	Порожній	15262	1640	33,5	6,00
3	Завантажений	16287	1714	34,2	6,62
	Порожній	15259	1630	33,7	5,95
4	Завантажений	16285	1724	34,0	6,67
	Порожній	15256	1654	33,2	5,98
5	Завантажений	16282	1709	34,3	6,58
	Порожній	15260	1640	33,5	5,95

Таблиця 4.10 – Розраховане значення коефіцієнтів варіації.

Параметр	Пройдена відстань, м	Час в русі, с.	Середня швидкість, км/год.	Витрата пального, л
Стан автомобіля MAN TGA 35.360 8x4 – завантажений				
Середнє значення $\bar{x}$	16288	1733	33,8	6,29
Середнє-квадратичне відхилення σ	4,7	10,3	0,2	0,01
Коефіцієнт варіації V_σ , %	0,029	0,594	0,592	0,159
Стан автомобіля MAN TGA 35.360 8x4 – порожній				
Середнє значення $\bar{x}$	15258	1635	33,6	5,84
Середнє-квадратичне відхилення σ	2,6	11,8	0,2	0,01
Коефіцієнт варіації V_σ , %	0,017	0,722	0,595	0,171
Стан автомобіля КамАЗ 53229– завантажений				
Середнє значення $\bar{x}$	16286	1709	34,3	6,59
Середнє-квадратичне відхилення σ	3,9	13,1	0,3	0,08
Коефіцієнт варіації V_σ , %	0,024	0,767	0,875	1,214
Стан автомобіля КамАЗ 53229– порожній				
Середнє значення $\bar{x}$	15257	1637	33,6	5,96
Середнє-квадратичне відхилення σ	3,3	11,4	0,2	0,03
Коефіцієнт варіації V_σ , %	0,022	0,696	0,595	0,503

Таблиця 4.11 – Порівняння реальних і змодельованих значень.

Параметри	Значення		Відносна похибка, %	Значення		Відносна похибка, %
	Реальні	Змодельовані		Реальні	Змодельовані	
	Завантажений стан			Порожній стан		
1	2	3	4	5	6	7
MAN TGA 35.360 8x4						
Пройдена відстань, м	16288	16286	1,23	15258	15258	0
Час в русі, с.	1733	1661	4,15	1635	1574	3,73
Середня швидкість, км/год.	33,8	35,3	4,24	33,6	34,9	3,72
Витрата пального, л	6,29	6,68	5,83	5,84	6,01	2,82

Продовження таблиці 4.11

1	2	3	4	5	6	7
КамАЗ 53229						
Пройдена відстань, м	16286	16286	0	15257	15258	0,0001
Час в русі, с.	1709	1638	4,15	1637	1565	4,39
Середня швидкість, км/год.	34,3	35,8	4,19	33,6	35,1	4,27
Витрата пального, л	6,59	6,38	3,19	5,96	5,92	0,67

Як видно з таблиць 4.8 і 4.11, практично всі змодельовані значення часу, середньої швидкості руху і витрати пального автомобілем знаходяться в межах допустимих інтервалів, що дозволяє вважати дану математичну модель адекватною.

4.5 Основні заходи щодо покращення ефективності експлуатації АТЗ

Запропонована в даній роботі методика коригування періодичності ТО дозволяє виконувати аналіз щодо покращення ефективності експлуатації АТЗ. Для її використання необхідні дані про автомобіль, для якого буде виконуватися коригування, і його роботу, починаючи з моменту введення його в експлуатацію.

На основі отриманих даних згідно формул (2.6), (2.7) і (2.14) визначаються відповідно коефіцієнт технічного використання автомобіля $K_{ТВ}$, ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ і коефіцієнт потенційного використання автомобіля $K_{ПВ}$.

Коефіцієнт $K_{ТВ}$ не може бути більше 1, а після проведення першого ТО – він не буде дорівнювати 1. Якщо задати максимальний період перебування автомобіля в працездатному стані $t_{\Sigma ПС}$ та його заплановані простої в ТО $t_{\Sigma ТО}$ згідно нормативів виробника, можна визначити його максимальне значення. Так, для представлених вище автомобілів КамАЗ і DAF максимальне значення $K_{ТВ}$ представлено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Запланований коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$ за відсутності відмов.

Автомобіль	Запланований період експлуатації $t_{\Sigma ПС}$, год.	Запланований простій автомобіля в ТО $t_{\Sigma Т}$, год.	Коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$
КамАЗ 53229*	10000	797,7	0,926
DAF 85 CF-380 (самоскид)	30000	295,2	0,990
DAF 85 CF-380 (міксер)	30000	498,6	0,984

* – Із-за однакової періодичності обслуговування і трудомісткості робіт для самоскидів і міксерів автомобілів КамАЗ в подальшому вони будуть розглядатися разом.

У випадку, якщо відмови не виникають протягом запланованого періоду експлуатації, але при цьому $K_{ТВ}$ менший від очікуваного, це вказує на низьку пристосованість конструкції автомобіля до можливості обслуговування в умовах існуючої виробничо-технічної бази підприємства. У випадку зменшення $K_{ТВ}$ із-за простою автомобіля в ремонті, це характеризуватиме низький рівень надійності автомобіля або окремого його показника – ремонтпридатності.

Якщо ж фактичний коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$ буде значно спадати, це буде свідчити про недостатню пристосованість конструкції певного автомобіля до певних умов експлуатації і вказуватиме на потребу його заміни або додаткових коштів для його утримання.

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ також може бути не більше 1, але після першої відмови (ремонту) не буде дорівнювати 1. Відношення між кількістю ремонтних $N_P(t)$ і обслуговуючих дій $N_{ТО}(t)$ вказуватиме на відповідність виробничо-технічної бази та якості виконання ТО ремонтно-обслуговуючим персоналом підприємства. Зниження $P(t)$ вказуватиме на незадовільну діяльність експлуатаційної служби в цілому.

Однак, потрібно виконати аналіз виникнення відмови, оскільки у випадку раптового її виникнення – ніякими засобами і заходами попередити відмову неможливо. У випадку виникнення повторної відмови певної складової частини

АТЗ, також потрібно виконувати аналіз причин її виникнення, оскільки може мати місце неякісна робота ремонтного персоналу, низька якість та надійність ЗЧ і комплектуючих або запланований період експлуатації певного компоненту автомобіля не відповідає дійсному.

Що ж стосується коефіцієнта потенційного використання автомобіля $K_{ПВ}$, то він може бути більше і менше 1 в залежності від інтенсивності використання автомобіля і умов його роботи. Виходячи з формули (2.17), за нормальних умов використання автомобіля, коли коефіцієнти використання вантажопідйомності $\gamma_n = 0,693$, а коефіцієнти використання пробігу $\beta_n = 0,5$, коефіцієнт $K_{ПВ} = 1$.

Якщо збільшити обсяг перевезеного вантажу автомобілем (тобто збільшити γ) або збільшити загальний час перебування автомобіля в завантаженому стані (збільшити β), то коефіцієнт потенційного використання буде $K_{ПВ} < 1$. За умови, що $\gamma_\phi = 1$ і $\beta_\phi = 1$, коефіцієнт $K_{ПВ} = 0,347$.

В протилежному випадку коефіцієнт потенційного використання автомобіля $K_{ПВ}$ буде більше 1. За умови, що $\gamma_\phi = 0,1$ і $\beta_\phi = 0,1$, коефіцієнт $K_{ПВ} = 34,7$.

Загальні межі зміни коефіцієнта потенційного використання представлені на рисунку 4.4.

Як видно з рис. 4.4, коефіцієнт потенційного використання наближається до 0 при збільшенні інтенсивності використання АТЗ, і навпаки – до нескінченності при її зменшенні.

Результуючий коефіцієнт коригування періодичності ТО K на основі розрахованих коефіцієнтів $K_{ТВ}$, $K_{ПВ}$ і показника $P(t)$ може приймати значення, що більші та менші 1.

За умови, коли ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ і потенційного використання автомобіля $K_{ПВ}$ дорівнюють 1, коефіцієнт коригування K буде дещо нижчий за 1 в залежності від фактичного значення $K_{ТВ}$. Якщо прийняти за вихідні дані значення коефіцієнта технічного використання $K_{ТВ}$, що представлені в таблиці 4.12, тоді результуючий коефіцієнт коригування K буде становити для: КамАЗ 53229 – 0,983, DAF 85 CF-380 (самоскид) – 0,998, DAF 85 CF-380 (міксер) – 0,996.

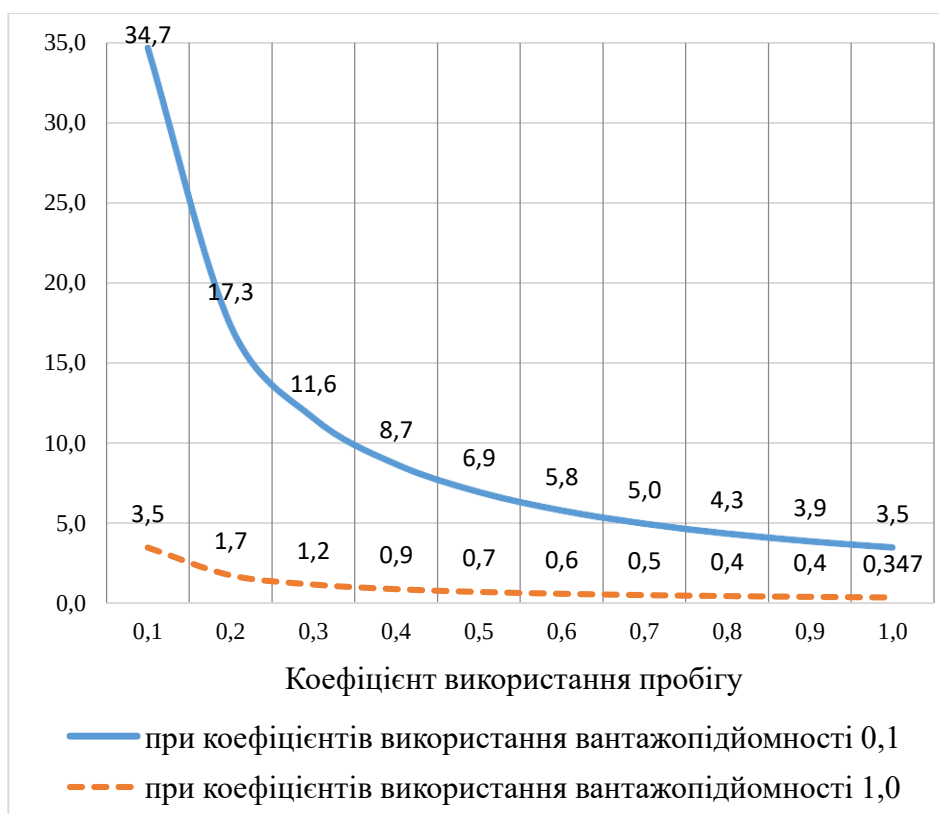


Рисунок 4.4 – Межі зміни коефіцієнт потенційного використання $K_{ПВ}$.

Якщо, в процесі експлуатації автомобіля виникають відмови, тобто коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$ змінюється і ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ зменшуються, тоді результуючий коефіцієнт K ще більше зменшується, тим самим намагаючись попередити в подальшому виникнення нових відмов.

Якщо з таблиці 3.3 прийняти середні значення кількості відмов представлених автомобілів, а таблиці 3.8 час простою в ТО і Р, тоді результуючий коефіцієнт коригування K буде становити для (див. рис. 4.5):

КамАЗ 53229 (самоскид) – 0,888;

КамАЗ 53229 (міксер) – 0,865;

DAF 85 CF-380 (самоскид) – 0,907;

DAF 85 CF-380 (міксер) – 0,891.

Проте, результуючий коефіцієнт K може збільшитися, якщо автомобіль експлуатується з малою інтенсивністю, що призводить до збільшення коефіцієнт потенційного використання $K_{ПВ}$.

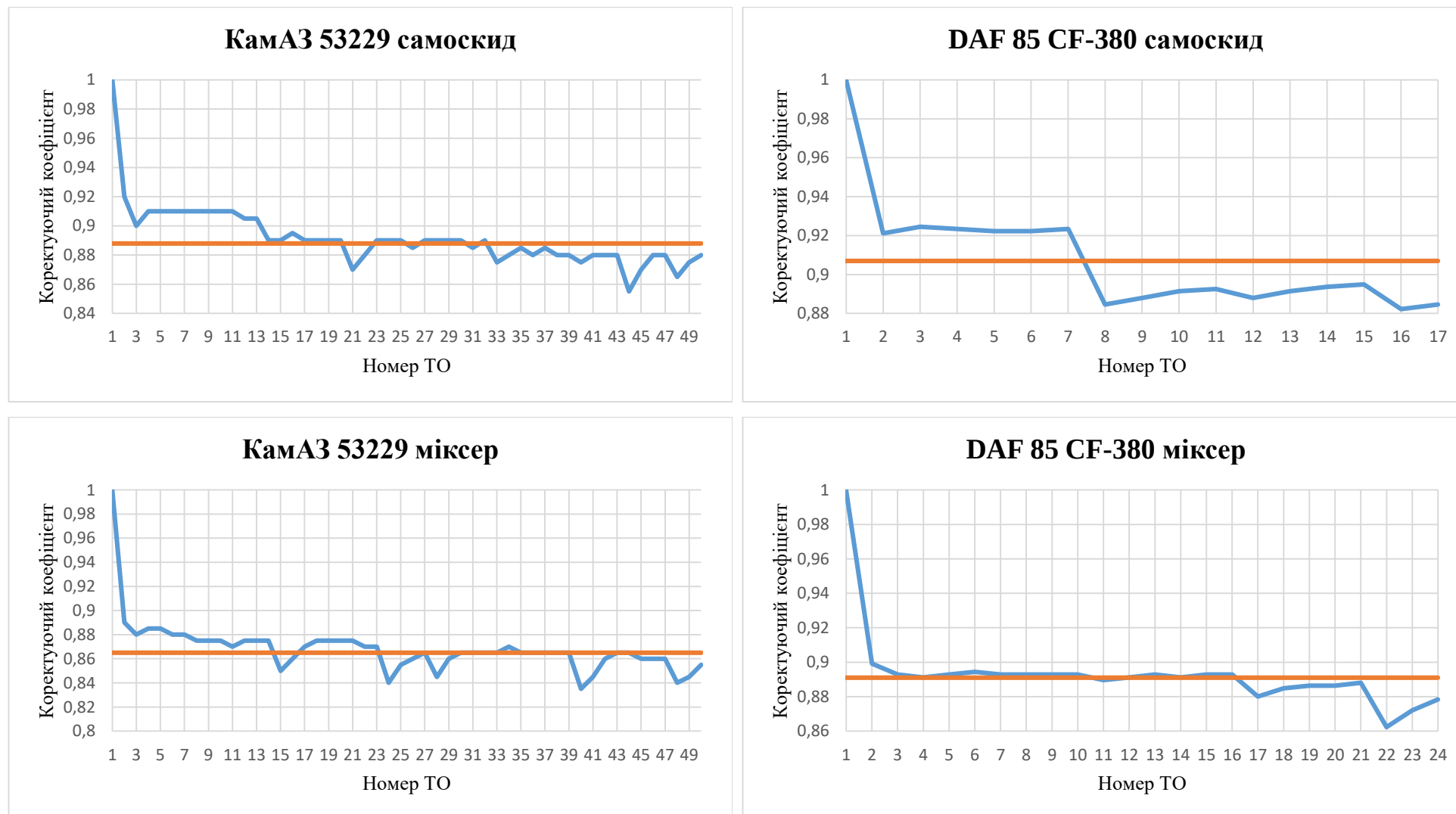


Рисунок 3.5 – Зміна коректуючого коефіцієнта для дослідної групи автомобілів.

Так, якщо прийняти значення коефіцієнта $K_{ЛВ}$, вже визначені раніше (при $\gamma = 0,1$, і $\beta = 0,1$, а також $\gamma = 1$ і $\beta = 1$), а з таблиць 3.3 і 3.8 значення для визначення $K_{ТВ}$ і $P(t)$ при наявності і відсутності відмов, тоді можна визначити мінімальні і максимальні межі результуючого коефіцієнта K для представлених в даній роботі автомобілів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Мінімальне і максимальне значення коефіцієнта коригування періодичності ТО K .

Автомобіль	Мінімальне значення K (при $\gamma_\phi = 1$ і $\beta_\phi = 1$)	Максимальне значення K (при $\gamma_\phi = 0,1$ і $\beta_\phi = 0,1$)
КамАЗ 53229 (самоскид)	0,565	22,558
КамАЗ 53229 (міксер)	0,565	22,556
DAF 85 CF-380 (самоскид)	0,579	22,556
DAF 85 CF-380 (міксер)	0,578	22,567

Максимальні значення коефіцієнта коригування періодичності ТО K , що представлені в таблиці 4.13, в реальності отримати не можливо, але вони доводять, що періодичність ТО за певних умов можна збільшити. Мінімальні значення коефіцієнта коригування K за певних умов можуть бути ще меншими.

В той же час, розбіжність отриманих значень є досить малою, а саме 2,4 % для мінімального і 0,04% – для максимального значення K для різних автомобілів. А це вказує на однорідність методики при визначенні коректуючих коефіцієнтів для різних автомобілів.

В свою чергу, для підвищення точності даної методики доцільно провести дослідження по уточненню впливу експлуатаційних чинників на технічний стан АТЗ, а також визначити максимально допустиму межу збільшення загального корегуючого коефіцієнта K .

4.6 Оцінка економічної доцільності від впровадження методики коригування періодичності ТО

Доцільність впровадження будь-якої інновації можна охарактеризувати економічним ефектом – це кількісна та якісна характеристика впливу елементів економічної системи на результативність її функціонування. На відміну від технічного, технологічного та інших неекономічних ефектів, економічний ефект існує переважно у грошовій формі [127].

Економічний ефект – кінцевий результат застосування нововведення, вимірюваний абсолютними величинами. Ними можуть бути прибуток, зниження матеріальних, трудових витрат та ін. [128].

Як було встановлено в попередньому розділі, оптимізована періодичність ТО що запобігає максимуму відмов – економічно не доцільно застосовувати. Коректування періодичності ТО має більший ефект для автомобілів DAF – дозволяє зменшити витрати на ремонт і втрати від простою автомобілів в ремонті. Хоча, для автомобілів КамАЗ коректування дозволяє зменшити тільки втрати від простоїв в ремонті. Отже, визначимо економічний ефект для обох груп автомобілів відносно скорегованої періодичності ТО.

Якщо прийняти за умову, що певний ТЗ за звітний період (прийmemo 1 рік: 255 робочих днів по 12 год.) може виконати певний обсяг перевезень (який можна представити в пробігу $L_{заг}$), виходячи з власних технічних характеристик, при цьому, потребувати певну кількість коштів на ТО і Р, а також на інші ресурси (що виражені через собівартість 1 км пробігу). При цьому, за звітний період, ТЗ простоїть в ТО і Р певний час, що створить АТП певний втрачений прибуток виходячи з діючого тарифу на перевезення. Тоді, можна визначити загальний обсяг коштів, що отримає АТП за звітний період експлуатації ТЗ на основі собівартості перевезень і розмір питомих втрат від простоїв в ТО і Р.

Дані розрахунки проводяться згідно методик представлених в п.п. 3.4 і 3.5, а результати зведені до таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок економічного ефекту від впровадження методики коректування періодичності ТО.

№ п/п	Показник	До коректування	Після коректування	Відсоток розбіжності, %
1	2	3	4	5
КамАЗ 53229(самоскид)				
1	Періодичність ТО $I_{ТО}$, км.	8000	7107	-11,16
2	Загальний пробіг за звітний період $L_{заг}$, км.	74806,6	74806,6	–
3	Простої в ТО, год.	149,6	164,5	+9,06
4	Простої в Р, год.	49,4	23,9	-51,62
5	Середня технічна швидкість, км/год.	34,8	34,8	–
6	Можливий пробіг за період простоїв в ТО і Р, км.	6925,2	6556,3	-5,32
7	Собівартість перевезень, грн./км	28,84	28,91	+0,24
8	Загальна собівартість перевезень за звітний період, тис.грн.	2157,42	2162,66	+0,24
9	Економічний ефект, тис.грн.	–	-5,24	–
10	Загальний обсяг втраченого попиту, тис.грн.	199,72	189,54	-5,09
11	Економічний ефект, тис.грн.	–	10,18	–
КамАЗ 53229(міксер)				
12	Періодичність ТО $I_{ТО}$, км.	8000	6920	-13,50
13	Загальний пробіг за звітний період $L_{заг}$, км.	74806,6	74806,6	–
14	Простої в ТО, год.	149,6	172,1	+13,07
15	Простої в Р, год.	52,4	26,9	-48,66
16	Середня технічна швидкість, км/год.	34,9	34,9	–
17	Можливий пробіг за період простоїв в ТО і Р, км.	7049,8	6945,1	-1,48
18	Собівартість перевезень, грн./км	29,23	29,33	+0,34
19	Загальна собівартість перевезень за звітний період, тис.грн.	2186,60	2194,08	+0,34
20	Економічний ефект, тис.грн.	–	-7,48	–
21	Загальний обсяг втраченого попиту, тис.грн.	206,07	203,70	-1,15
22	Економічний ефект, тис.грн.	–	2,37	–

Продовження таблиці 4.14

1	2	3	4	5
DAF 85 CF-380 (самоскид)				
23	Періодичність ТО $l_{ТО}$, км.	35000	31760	-9,26
24	Загальний пробіг за звітний період $L_{заг}$, км.	78828,5	78828,5	–
25	Простої в ТО, год.	39,4	42,6	+7,52
26	Простої в Р, год.	26,0	14,2	-45,38
27	Середня технічна швидкість, км/год.	35,1	35,1	–
28	Можливий пробіг за період простоїв в ТО і Р, км.	2295,5	1993,7	-13,15
29	Собівартість перевезень, грн./км	28,96	28,89	–
30	Загальна собівартість перевезень за звітний період, тис.грн.	2282,87	2277,36	-0,24
31	Економічний ефект, тис.грн.	–	5,51	–
32	Загальний обсяг втраченого попиту, тис.грн.	66,48	57,60	-13,35
33	Економічний ефект, тис.грн.	–	8,88	–
DAF 85 CF-380 (міксер)				
34	Періодичність ТО $l_{ТО}$, км.	25000	22280	-10,88
35	Загальний пробіг за звітний період $L_{заг}$, км.	78024,1	78024,1	–
36	Простої в ТО, год.	64,8	73,3	+11,60
37	Простої в Р, год.	23,4	3,9	-83,33
38	Середня технічна швидкість, км/год.	34,6	34,6	–
39	Можливий пробіг за період простоїв в ТО і Р, км.	3051,7	2671,1	-12,47
40	Собівартість перевезень, грн./км	31,70	31,63	–
41	Загальна собівартість перевезень за звітний період, тис.грн.	2473,36	2467,90	-0,22
42	Економічний ефект, тис.грн.	–	5,46	–
43	Загальний обсяг втраченого попиту, тис.грн.	96,74	84,49	-12,66
44	Економічний ефект, тис.грн.	–	12,25	–

Отже, спостерігається наступна тенденція, яка полягає в тому, що собівартість виконання транспортної роботи автомобілями КамАЗ при коректуванні періодичності ТО – збільшуються. В свою чергу, втрати від

простою для самоскидів зменшуються в значно більшій мірі ніж збільшується собівартість перевезень, а от для міксерів обсяг зменшення втрат від простоїв не покриває приріст собівартості перевезень.

В даному випадку коректування періодичності ТО для автомобілів КамАЗ вкрай не доцільно за даних умов організації виробничої діяльності.

Що ж стосується автомобілів DAF, розрахунки демонструють позитивну тенденцію як по зниженні собівартості перевезень так і по зниженні втрат від простоїв. Якщо їх сумувати то для самоскида загальний економічний ефект складатиме приблизно 14,39 тис.грн./рік, а для міксера – 17,71 тис.грн./рік.

4.7 Висновки до розділу 4

1. Удосконалено математичну модель для визначення показників тягово-швидкісних властивостей і витрати палива автомобілів, що розглядаються, при їх роботі на типовому міському маршруті, адекватність якої було перевірено експериментом.

2. Встановлено, що автомобілі КамАЗ (а також вітчизняного виробництва і виробництва Росії та Білорусії) мають значну кількість відмов за досить короткий період експлуатації, в той час коли автомобілі DAF (та інші європейського виробництва) – навпаки, меншу кількість відмов при значному запланованому періоді експлуатації. Крім того час простою в ТО автомобілів КамАЗ значного більша від простоїв автомобілів DAF.

3. Сформовано рекомендації по використанню розробленої методики коригування періодичності ТО і досліджено межі зміни результуючого коефіцієнта коректування періодичності K .

4. Показано, що з точки зору економічної доцільності виконання коригування періодичності ТО для автомобілів КамАЗ (а також автомобілів вітчизняного виробництва і виробництва Росії та Білорусії) практично недоцільно, а для автомобілів європейського виробництва DAF (в тому числі MAN, Volvo) – навпаки. В той же час, при максимальному попередженні відмов

(близько 96,5 %) суттєво збільшуються витрати на утримання АТЗ відносно загальної виконаної ними транспортної роботи, що вказує на відсутність або несуттєву доцільність таких заходів.

5. Економічний ефект від впровадження методики коригування періодичності виконання ТО, 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.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності використання автотранспортних засобів шляхом оптимізації періодичності технічного обслуговування, що дозволить дещо зменшити загальні витрати на технічне обслуговування і ремонт рухомого складу. Вирішення поставленого завдання дозволило одержати наступні наукові та практичні результати:

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

2. Проаналізовано умови експлуатації АТЗ в Україні і за допомогою експертного оцінювання визначено основні чинники та кількісний розмір їхнього впливу на технічний стан, а саме умови зберігання, природо-кліматичні умови, ВТБ експлуатаційно-обслуговуючого підприємства, якість виготовлення АТЗ та його конструкційно-технічні властивості, транспортні умови, обслуговуючо-експлуатаційні умови і дорожні умови, що представляють тип, стан і рельєф доріг, режим руху, видимість дороги. В той же час залишається потреба в подальшому уточненні дії представлених чинників на зміну технічного стану АТЗ, а також розроблення більш точних методів їхнього визначення.

3. На основі дослідження статистичних даних потоку відмов для автомобілів КамАЗ і DAF в специфікаціях самоскид і міксер встановлено, що практично всі ключові системи АТЗ мають реальний ресурс менший від очікуваного в залежності від умов експлуатації. 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 ТС АТЗ, відносно яких було розроблено методику коригування періодичності ТО, яка враховує конструкційні особливості ТЗ 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 перевірено методику коригування періодичності ТО, 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 – 9,26 %; для міксерів КамАЗ – 13,50 %, DAF – 10,88 %. Дане коригування дозволило зменшити простої автомобілів в ремонті для самоскидів КамАЗ на 51,62% і DAF на 45,38 %, а для міксерів на 48,66 % і 83,33 % відповідно. При цьому економічний ефект має місце тільки для автомобілів іноземного виробництва, таких як DAF, що виражається в зменшенні собівартості перевезень на 0,24 і 0,22 % відповідно для самоскида і міксера, а крім того зменшення втрат від простоїв під час ТО і Р на 13,35 і 12,60 %, що загалом складає для одного самоскида – 14,39 тис.грн./рік, а для міксера – 17,71 тис.грн./рік.

6. Розроблено практичні рекомендації по використанню розробленої методики коригування періодичності ТО і підбору оптимальної конструкції АТЗ. Дані рекомендації дозволяють контролювати ефективність роботи експлуатаційних підрозділів автотранспортних підприємств і полегшити пошук шляхів удосконалення їхньої роботи, підвищити ефективність використання АТЗ шляхом вибору більш оптимальної конструкції для виконання ним транспортних процесів.

7. Практичне впровадження дослідження 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».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Перевезення вантажів автомобільним транспортом за видами вантажів за 2018/2017 рік // Статистична інформація: Економічна діяльність. Транспорт / Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/pv_avt/pv_avt_u/pv_avt418_u.htm. (дата звернення: 26.04.2019).
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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, 2017. Вип. 1 (37), С. 363-372.

- університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2018. Вип. 1 (40), С. 274-284.
8. 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.
 9. 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.
 10. Сахно В.П., Іванушко А.Н. Сравнение эксплуатационных показателей качества основных частей автотранспортных средств. *17-я Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству, экономике»* [Программа конференции]. Минск: БНТУ, 2019, ст. 71.
 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.
 12. 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.
 13. Ivanushko O. Оптимізація періодичності технічного обслуговування автотранспортних засобів з метою попередження більшості відмов. *Systemy i srodki transportu samochodnego. Seria: Transport*. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2019. Nr.18, С. 23-31.
 14. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 23.02.2006 № 32 // База

даних «Законодавство України» / ВР України. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>. (дата звернення: 15.10.2016)

15. Макарова А. Н. Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей: дис... канд. техн. наук: 05.22.10. Тюмень, 2015. 208 с.
16. Собівартість вантажних автоперевезень / Матеріали сайту *balance.ua* // URL: <http://balance.ua/files/products/.../biblioteka-balans.../pdf>. (дата звернення: 17.10.2016).
17. Авдонькин Ф. Н. Текущий ремонт автомобилей. М.: Транспорт, 1978. 269 с.
18. Денисов И.В. Разработка методики управления техническим состоянием систем автомобиля, влияющих на безопасность движения: дис... канд. техн. наук: 05.22.10. Владимир, 2011. 189 с.
19. Говорущенко Н. Я. Техническая эксплуатация автомобилей. Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1984. 312 с.
20. Форнальчик Є. Ю. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навч. посіб. / Є. Ю. Форнальчик, М. С. Оліскевич, О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо. Львів: Афіша, 2004. 492 с.
21. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. М.: Наука, 2001. 535 с.
22. Хасанов Р. Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. 193 с.
23. Чабанний В. Я. Ремонт автомобілів: Навч. посіб. Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
24. Лисий О.В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільних поїздів шляхом управління їх технічним станом: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 Харків, 2016. 177 с.
25. Про затвердження «Правил експлуатації колісних транспортних засобів»: Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 № 550. // База

- даних «Законодавство України» / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1453-13>. (дата звернення: 15.10.2016).
26. Карты проведения технического обслуживания, ТО-1000, ТО-1, ТО-2, СТО автомобилей КрАЗ 6х4. АвтоКрАЗ, 2007 г. 62 с.
 27. Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности изделий: ГОСТ 21624-81.– Изд. 1987. введ. 01.01.1983.
 28. Сервисная книжка КАМАЗ. Модели: 65115, 65116, 65117, 6540, 43253, 43255. / С.А. Акинин, М.Н. Нурмехамитов, В.Н. Якунин. Набережные Челны, 2010 г. 79 с.
 29. Руководство по эксплуатации автомобилей МАЗ // Официальный сайт Минского автомобильного завода / URL: <http://maz.by/ru/services/documentation/customer-info/manual-avto/>. (дата звернення: 26.11.2016).
 30. Новые условия сервиса для официальных автомобилей Mercedes-Benz // Офіційна дилерська мережа «Автокапітал» / URL: http://www.mercedes-benz.ua/trucks/trucks_news/novye-uclovija-cervica-dlja-ofitsialnykh-hruzovykh-avtomobilej-mercedes-benz.html. (дата звернення: 26.11.2016).
 31. График ТО // Группа компаний «Траксервис» – официальный сервисный партнер MAN NUTZFAHRZEUGE AG / URL: <http://www.man-ts.ru/service/tech-serv/>. (дата звернення: 26.11.2016).
 32. Интервалы обслуживания при ТО // Интерсервис – официальный сервисный партнер DAF Trucks N.V. / URL: <http://www.daf-tlt.ru/maintaplication.daf>. (дата звернення: 26.11.2016).
 33. Предисловие к регламенту технического обслуживания. Серии Р, G, R и Т. //00:16-01 Ru, Выпуск 35. Scania CV AB 2015, Sweden. 57 с.
 34. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3–4:2015. – В заміні ДБН В.2.3–4–2007; чинний з 01.04.2016.
 35. Серікова О.А. Вдосконалення методів діагностування та прогнозування технічного стану двигуна внутрішнього згоряння автомобіля: Автореф. дис... канд. техн. наук.: 05.22.20. Харків, 2011. 20 с.

36. Бажинов О.В. Наукові основи оцінки ресурсу силових агрегатів транспортних машин з урахуванням умов експлуатації: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.20. Харків, 2001. 32 с.
37. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения: ГОСТ 18322-78. – Изд. 1991. введ. 15.11.1978.
38. Про затвердження «Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту»: Наказ Міністерства транспорту України від 30.03.1998 №102. // База даних «Законодавство України» / URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98>. (дата звернення: 18.09.2016).
39. Савченко В.Б. Забезпечення надійності сільськогосподарських машин і технологічних комплексів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Харків, 2000. 18 с.
40. Волошина Н.А. Розробка режимів для технічного обслуговування транспортних машин на основі діагностичної інформації: дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2001. 235 с.
41. Сметана С.О. Вдосконалення методу визначення раціонального режиму профілактичного обслуговування транспортних засобів застосуванням моніторингу витрати палива: дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Луганськ, 2002. 204 с.
42. Полянський О.С. Формування властивостей надійності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації: дис... д-ра техн. наук: 05.22.20. Харків, 2004. — 381 с.
43. Каргбо Сантиги. Разработка методики оперативного управления периодичностью технических воздействий по элементам автомобилей: На примере городского автобусного транспорта: дис... канд. техн. наук: 05.22.10. Владимир, 2003. 227 с.
44. Князьков А.Н. Разработка методики автоматизированного проектирования нормативов системы технического обслуживания и ремонта автомобилей: дис... канд. техн. наук: 05.22.10. Красноярск, 2004. 172 с.

45. Якунин Н.Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации: дис... канд. техн. наук 05.22.10. Оренбург, 2004. 297 с.
46. Слитников К.Л. Обоснование периодичности предупредительных ремонтов автомобильных ДВС с целью сокращения эксплуатационных затрат: Автореф. дис... канд. техн. наук 05.22.10. Волгоград, 2013. 16 с.
47. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.20. Харків, 2007. 38 с.
48. Степанов О.В. Підвищення надійності автосамоскидів, що працюють на породних відвалах: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2008. 21 с.
49. Меджидов М.А. Совершенствование методов технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов: дис... канд. техн. наук 05.22.10. Москва, 2009. 136 с.
50. Григоров А.Б. Підвищення ефективності експлуатації автобусів оптимізацією строків заміни моторних оливі: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2009. 20 с.
51. Живов С.В. Разработка методики оптимизации периодичности технического обслуживания легковых автомобилей-такси: дис... канд. техн. наук 05.22.10: Москва, 2007. 187 с.
52. Асоян А.Р. Научные основы повышения долговечности автомобильных двигателей совершенствованием методов оценки технического состояния и технологий восстановления их основных элементов: дис... д-ра техн. наук: 05.22.10. Волгоград., 2012. 384 с.
53. Будяну Р.Г. Вдосконалення системи технічного обслуговування військових автомобілів на основі їх діагностування: Автореф. дис... канд. тех. наук: 05.22.10. К.: НТУ, 2010. 20 с.
54. Alex V. Samoylov. Improvement of the efficiency of vehicle inspection and maintenance programs through incorporation of vehicle remote sensing data and

vehicle characteristics. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in School of Civil and Environmental Engineering Georgia Institute of Technology. December, 2013.

55. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. К.: Вища шк., 2007. 527 с.
56. Кветний Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1: навчальний посібник / Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко, О.Ю. Софіна, О.М. Шушура. Вінниця: ВНТУ, 2012. 193с.
57. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. – Видан. 1994. Чинний з 28.01.1994.
58. Баженов Ю.В. Основы теории надежности машин: учеб. пособие. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. 160 с.
59. Чебоксаров А.Н. Основы теории надежности и диагностика: курс лекций. Омск: СибАДИ, 2012. 76 с.
60. Аригин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей. Изд. 2-е. / И.Н. Аригин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 314 с.
61. Говорущенко Н.Я., Горбик Ю.В., Кривошапов С.И. Алгоритм диагностирования автомобиля по индикаторному расходу топлива в агрегатах. *Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія: Машиноприладобудування та транспорт*. Севастополь: СевНТУ, 2011. Вип. 121/2011, С. 26-29.
62. Есюнин Е.Г. Основы надежности машин: Учеб. пособие. / Е.Г. Есюнин, А.В. Новоселов, А.П. Паньчев. Екатеринбург: Урал. гос. ле-сотехн. Ун-т, 2009. 166 с.
63. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. 447 с.
64. Лукинский В.С., Зайцев Е.И. Прогнозирование надежности автомобилей. Л.: Политехника, 1991. 224 с.
65. Бойчик І.М. Економіка підприємства: підручник. К.: Кондор, 2016. 378 с.
66. Гетьман О.О., Шаповал В.М. Економіка підприємства: Навч. посіб. 2-ге

- видання. К.: Центр учбової літератури, 2010. 488 с.
67. Коробов В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов «влияющих факторов». *Социология: Методология, методы, математические модели*. М.: 2005. Вып. 20/2005, С. 54-73.
 68. Гуляр Р.Е. Методи визначення вагових коефіцієнтів при розрахунку таксономічних показників / Р.Е. Гуляр [Електронний журнал]. URL:<http://eprints.kname.edu.ua/29737/1/44.pdf>. (дата звернення: 02.02.17)
 69. Грабовецький Б.Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 171 с.
 70. Литвяк Б.Г. Экспертные решения и принятие решений. М.: Патент, 1996. 271 с.
 71. Волощук Р.В. Порівняльний аналіз підходів до визначення вагових коефіцієнтів інтегральних індексів стану складних систем. *Індуктивне моделювання складних систем. зб. наук. пр. Нац. акад. наук України, Міжнар. наук.-навч. центр інформ. технологій та систем*. Київ: 2013. Вип. 5, 2013, С. 151-165.
 72. Подолянчук С.В. Визначення компетентності експертів з оцінювання наукової діяльності у вищому педагогічному навчальному закладі. *Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія: наук.-практ. журн. Харків. держ. політехн. ун-т, Харк. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди, Укр. інж.-пед. акад.* Харків: 2014. Вип. 4, 2014, С. 112-122.
 73. Лукичева Л.И., Егорычев Д.И. Управленческие решения: учебник. М.: Омега-Л, 2009. 383 с.
 74. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 163 с.
 75. Васілевський О.М., Поджаренко В.О. Нормування показників надійності технічних засобів: Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 129 с.
 76. Рейзлин В.И. Численные методы оптимизации: учебное пособие. Томск:

Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 105 с.

77. Гребенникова И.В. Методы оптимизации: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2017. 148 с.
78. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: В 2-х кн. Кн. 1. Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 349 с.
79. Аттеков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для вузов. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 440 с.
80. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. Черкаси: Брама-Україна, 2005. 608 с.
81. Великанов Д.П. Эффективность автомобиля. М.:Изд-во «Транпорт», 1969 г. 240 с.
82. Жаров К.С. Вибір та обґрунтування типу автомобіля-тягача автопоїзда великої вантажопідйомності: дис... канд. техн. наук: 05.22.02. К.:НТУ, 2014. 166 с.
83. Ковальчук М.І. Економічний аналіз діяльності підприємств АПК: Підручник. К.: КНЕУ, 2005. 390 с.
84. Митрофанова Г.В., Кравченко Г.О., Барабаш Н.С. Фінансовий аналіз: Навчальний посібник / за ред. Г.В. Митрофанова. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002. 301 с.
85. Отенко В. І. Формування аналітичного інструментарію оцінки ефективності діяльності підприємства. *Бізнес Інформ*. Х.: Інжек, 2013. №5, 2013, С. 232–237.
86. Автомобили грузовые. Общие технические условия: ГОСТ 21398-89. – Переизд. янв. 1995. – Взамен ГОСТ 21398-75; введ. 01.01.1991.
87. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний: ГОСТ 22576-90. – Взамен ГОСТ 22576-77; введ. 01.01.1992.
88. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств, включая автотранспортные средства, оборудованные только электродвигателем, в отношении измерения максимальной скорости: Правило ООН № 68; введ. 01.05.1987.

89. Автотранспортні засоби. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність. Терміни та визначення: ДСТУ 2942-94. – Видан. 1994. Чинний з 01.01.1996.
90. Единые нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и сдельные расценки для оплаты труда водителей: Государственный комитет СССР по труду и социальным вопросам секретариат ВЦСПС от 13.03.1987 № 153/6-142. // База даних «Законодавство України» / URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v0142400-87>. (дата звернення: 10.07.2017).
91. Про затвердження Методичних рекомендацій з формування собівартості перевезень (робіт, послуг) на транспорті від 05.02.2001 №65 // База даних «Законодавство України» / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0065361-01>. (дата звернення: 19.09.2019).
92. Про затвердження Положення (стандарту) бухгалтерського обліку від 27.06.2013 № 318 // База даних «Законодавство України» / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00>. (дата звернення: 19.09.2019).
93. Норми витрат на технічне обслуговування і ремонт по базовим маркам автомобілів. К.: Мінтранс України, 1995. 22 с.
94. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті від 10.02.1998 № 43 // База даних «Законодавство України» / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/ru/v0043361-98>. (дата звернення: 05.09.2017).
95. Про затвердження Експлуатаційних норм середнього ресурсу пневматичних шин колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі від 20.05.2006 № 488 // База даних «Законодавство України» / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0712-06>. (дата звернення: 20.10.2018).
96. Стоимость работ // ТОРГОВЫЙ ДОМ «КАМАЗ» официальный дилер ОАО «КАМАЗ» в Украине / URL: <http://www.tdkamaz.com/stoimost-rabot.html>. (дата звернення: 20.10.2018).

97. КАМАЗ сервис // ООО «ВАНТАЖАВТОСЕРВИС» сервисный партнер КАМАЗ в Украине / URL:http://mazkamaz.com.ua/page_5.html?group=2(дата звернення: 20.10.2018).
98. Прайс-лист // ООО «TIP-сервис» сервисный партнер DAF в Украине / URL: <http://tir-service.dp.ua/prajs-list> (дата звернення: 20.10.2018).
99. Автозапчасти // ООО «Запчасть авто сервис» – официальный представитель ОАО МАЗ и ООО «КрАЗ» в Украине / URL: <http://www.zas.kiev.ua/#zapchasti>(дата звернення: 20.10.2018).
100. Продаж запасних частин MAN // MAN – Avanti Group – авторизований сервісний центр в Києві / URL: <https://man-ag.com.ua/uk/zapasni-chastini/> (дата звернення: 20.10.2018).
101. Ремонт грузовых автомобилей Volvo: Запчасти и аксесуары // СТО «T.I.R.» – СТО по ремонту грузових автомобилей, ремонт и обслуживание КПП грузовиков, оптика для грузовой авто / URL: <http://tir.kiev.ua/Volvo-p10/> (дата звернення: 20.10.2018).
102. Про затвердження Положення (стандарту) бухгалтерського обліку 7 «Основні засоби» від 27.04.2000 № 92 // База даних «Законодавство України» / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0288-00>. (дата звернення: 20.10.2018).
103. Юридична енциклопедія: [у 6 т.] / ред. кол. Ю.С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.]. К.: Українська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 2004. Т.6. 768 с.
104. Безбородова Г.Б., Галушко В.Г. Моделирование движения автомобиля. К.: «Вища школа», 1978. 168 с.
105. Гольд Б.В. Проектирование автомобилей: Выбор основных параметров. М.: Мишгиз, 1956. 400 с.
106. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів: Навчальний посібник. 2-ге вид., перероб. та доп. К.: Арістей, 2005. 280 с.
107. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобіля: Підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006. 400 с.
108. Селифанов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля:

- Учебное пособие. М.: МГТУ «МАМИ», 2007. 102 с.
109. Хусаинов А.Ш. Тяговый расчет автомобиля: Учеб. пособ. Ульяновск: УлГТУ, 2009. 47 с.
 110. Кушвид Р.П. Испытания автомобиля: учебник. М.: МГИУ, 2011. 351 с.
 111. Біліченко В.В., Добровольський О.Л., Ребедайло В.М. Автомобілі. Вінниця: ВНТУ, 2012. 90 с.
 112. Лата В.Н. Основы моделирования управляемого движения автомобиля: учеб. Пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. 67 с.
 113. Шкарівський Г.В., Бешун О.А., Лавріненко О.Т. Тягово-динамічні розрахунки мобільних енергетичних засобів. Навч. вид. К.: НУБіП України, 2016. 154 с.
 114. Едначев Д.В. Прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля. дис... канд. техн. наук 05.05.03. М.: ФГУП «НАМИ» 2016. 185 с.
 115. Родичев В.А., Родичева Г.И. Тракторы и автомобили. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 251 с.
 116. Сахно В.П. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та поливна економічність: Навч. посібник. / В.П. Сахно, Г.Б. Безбородова, М.М. Маяк, С.М. Шарай. К.: В-во «КВІЦ», 2004. 174 с.
 117. Самосвал КрАЗ-65055-040 6x4 // БАНГА – запчасті для грузовых и легковых автомобилей: каталоги подбора / URL: <https://banga.ua/pages/avtomobili-kraz/samosvaly/kraz-65055-040>. (дата звернення: 25.11.2017).
 118. Шасси КАМАЗ 53229 // НТЦ-Эврика – Официальный дилер ПАО «КАМАЗ» / URL: <https://www.kamaz-evrika.ru/catalog/gruzovye-avtomobili-kamaz/shassi-kamaz/shassi-kamaz-53229/>. (дата звернення: 25.11.2017).
 119. Product Specification Sheets: DAF CF85.380 (380 Hp) // Official site DAF / URL: <http://www.daf.com/en/products/euro-4-range/product-specification-sheets-search-euro-4>. (дата звернення: 25.11.2017).
 120. TGA 8x4 Heavy Duty Tipper. Chassis Specification: TGA 35.360 8x4 / TGA 35.400 8x4 // Official site MAN Trucks / URL: <http://www.man->

bodybuilder.co.uk/specs/euro4/pdf/tgs/TGA%208x4%20Heavy%20Duty%20Ti
rper.pdf. (дата звернення: 25.11.2017).

121. Tailoring your Volvo FM. Specifications // Official site Volvo Trucks / URL: <https://www.volvotrucks.com/content/dam/volvo/volvo-trucks/masters/euro-6/pdf/trucks/volvo-fm/specifications/Volvo%20FM-Specifications-UK.pdf>. (дата звернення: 25.11.2017).
122. МАЗ-630303-245 // Официальный сайт Минского автомобильного завода / URL: http://maz.by/ru/products/cargo_vehicle/chassis/маз-630303-245/. (дата звернення: 25.11.2017).
123. Фаробин Я.Е., Шупляков В.С. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок. М.: Транспорт, 1983. 200 с.
124. Корпач О.А. Поліпшення тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля при зміні потужності двигуна в широких межах: дис... канд. техн. наук: 05.22.02. К.: НТУ, 2014. 171 с.
125. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 1989. 237 с.
126. Литвинов А.С. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств. Ч. 1. М.: МАДИ, 1978. 121 с.
127. Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т. 1. /за ред. С.В. Мочерний. К.: Видавничий центр «Академія», 2000. 864 с.
128. Мозговий О.М. Фондовий ринок: Навч. посіб. К.: КНЕУ, 1999. 316 с.

ДОДАТОК А

Анкета № ____

Виставіть ранги чинникам умов експлуатації АТЗ, що впливають на його технічний стан, від найменш впливового (ранг 1) до найбільш (ранг 8).

Чинники	Ранг
Конструкційно-технічні властивості АТЗ (тип, компоновка, пристосованість до умов експлуатації)	
Якості виготовлення АТЗ (якість збирання, якість комплектуючих)	
Характеристика ВТБ експлуатаційно-обслуговуючого підприємства (спосіб виконання ТО і Р, придатність і досконалість обладнання)	
Обслуговуючо-експлуатаційні умови (обрана система ТО і Р, кваліфікація обслуговуючо-ремонтного персоналу, якість робіт з ТО і Р, якість ЗЧ і експлуатаційних матеріалів)	
Умов зберігання (тип стоянки, тривалість простоїв при зберіганні, профілактичні дії при зберіганні)	
Транспортні умови (вид вантажу, довжина рейсу, швидкість та умови завантаження і розвантаження)	
Дорожні умови (тип, стан і рельєф доріг, режим руху, видимість дороги)	
Природно-кліматичні умови (тривалість періодів року, середня температура, тиск і вологість повітря, кількість опадів)	

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Напрацювання на відмову основних елементів автомобіля
DAF 85 CF-380 (самоскид) в обсязі 20 автомобілів за 600 тис. км.

Елементи та системи автомобіля		Очікуваний наробіток на відмову, км	Середній наробіток на відмову, км	Очікуваний наробіток на відмову, год.	Середній наробіток на відмову, год.	Кількість відмов за строк експлуатації	Імовірність справного стану
1. Двигун і навісне обладнання							
1.1*	Циліндро-поршнева група	1190000	600000	29750	15000	0	1,000
1.2*	Кривошипно-шатунні група	1190000	600000	29750	15000	0	1,000
1.3*	Блок циліндрів	1190000	600000	29750	15000	0	1,000
1.4*	Газо-розподільчий механізм	1190000	600000	29750	15000	0	1,000
1.5*	Головка блока циліндрів	1190000	600000	29750	15000	0	1,000
1.6	Система надуву повітря	420000	416197	10500	10405	1	0,950
1.7	Система пуску	595000	540050	14875	13501	9	0,550
1.8	Система випуску	420000	363534	10500	9088	9	0,550
1.9	Система мащення	595000	593737	14875	14843	1	0,950
1.10	Система охолодження	420000	341925	10500	8548	6	0,850
1.11	Система живлення	420000	343281	10500	8582	10	0,750
2. Трансмісія							
2.1	Зчеплення	210000	205033	5250	5126	6	0,900
2.2	Коробка перемикання передач	595000	588783	14875	14720	4	0,800
2.3	Карданна передача	315000	304409	7875	7610	7	0,825
2.4	Головна передача	595000	587104	14875	14678	4	0,800
2.5	Задній міст (мости)	525000	510084	13125	12752	9	0,550
3. Ходова частина							
3.1	Підвіска	245000	217348	6125	5434	26	0,567
3.2	Колеса, шини	140000	133502	3500	3338	14	0,860
4. Рульове керування							
4.1	Рульовий механізм	420000	405697	10500	10142	3	0,85
4.2	Підсилювач керма	420000	415189	10500	10380	1	0,95
5. Гальмівна система							
5.1	Гальмівні механізми	245000	244624	6125	6116	1	0,983
5.2	Привод гальм та пневмо- компресорне обладнання	385000	382757	9625	9569	1	0,975
6. Електрообладнання							
6.1	Система освітлення та сигналізації	70000	61665	1750	1542	20	0,889
6.2	Склоочисники та склоомивачі	315000	303293	7875	7582	5	0,875
6.3	Вентиляція і опалення кабіни	315000	303703	7875	7593	4	0,900
7. Шасі							
7.1*	Шасі, рама	1190000	600000	29750	15000	0	1,000
Середнє		349239,1	295552,6	8731,0	7388,8	7,1	0,859

* – дані системи ще напрацювали запланований період роботи.

Таблиця Б.2 – Напрацювання на відмову основних елементів автомобіля DAF 85 CF-380 (міксер) в обсязі 20 автомобілів за 600 тис. км.

Елементи та системи автомобіля		Очікуваний наробіток на відмову, км	Середній наробіток на відмову, км	Очікуваний наробіток на відмову, год.	Середній наробіток на відмову, год.	Кількість відмов за строк експлуатації	Імовірність справного стану
1. Двигун і навісне обладнання							
1.1*	Циліндро-поршнева група	1200000	600000	30000	15000	0	1,000
1.2*	Кривошипно-шатунні група	1200000	600000	30000	15000	0	1,000
1.3*	Блок циліндрів	1200000	600000	30000	15000	0	1,000
1.4*	Газо-розподільчий механізм	1200000	600000	30000	15000	0	1,000
1.5*	Головка блока циліндрів	1200000	600000	30000	15000	0	1,000
1.6	Система надуву повітря	425000	425000	10625	10625	0	1,000
1.7	Система пуску	600000	571597	15000	14289,9	6	0,700
1.8	Система випуску	400000	378287	10000	9457,2	12	0,700
1.9	Система мащення	600000	590528	15000	14763,2	2	0,900
1.10	Система охолодження	400000	391505	10000	9787,6	8	0,800
1.11	Система живлення	400000	384472	10000	9611,8	10	0,750
2. Трансмсія							
2.1	Зчеплення	225000	222188	5625	5554,7	5	0,875
2.2	Коробка перемикання передач	600000	592577	15000	14814,4	3	0,850
2.3	Роздаточна коробка	600000	585452	15000	14636,3	4	0,800
2.4	Карданна передача	400000	396458	10000	9911,5	6	0,850
2.5	Головна передача	600000	589161	15000	14729,0	4	0,800
2.6	Задній міст (мости)	525000	504914	13125	12622,9	7	0,650
3. Ходова частина							
3.1	Підвіска	250000	220718	6250	5518,0	21	0,650
3.2	Колеса, шини	125000	103090	3125	2577,3	11	0,890
4. Рульове керування							
4.1	Рульовий механізм	425000	418526	10625	10463,2	2	0,900
4.2	Підсилювач керма	425000	417331	10625	10433,3	2	0,900
5. Гальмівна система							
5.1	Гальмівні механізми	250000	248891	6250	6222,3	3	0,925
5.2	Привод гальм та пневмо- компресорне обладнання	375000	373913	9375	9347,8	2	0,950
6. Електрообладнання							
6.1	Система освітлення та сигналізації	75000	74048	1875	1851,2	22	0,863
6.2	Склоочисники та склоомивачі	325000	318151	8125	7953,8	4	0,900
6.3	Вентиляція і опалення кабіни	325000	315667	8125	7891,7	6	0,850
7. Шасі							
7.1*	Шасі, рама	1200000	596809	30000	14920,2	1	0,950
Середнє		359409,0	311385,0	8985,0	7785,0	7,1	0,869

* – дані системи ще напрацювали запланований період роботи.

Таблиця Б.3 – Напрацювання на відмову основних елементів автомобіля
КамаЗ 53229С (самоскид) в обсязі 20 автомобілів за 400 тис. км.

Елементи та системи автомобіля		Очікуваний наробіток на відмову, км	Середній наробіток на відмову, км	Очікуваний наробіток на відмову, год.	Середній наробіток на відмову, год.	Кількість відмов за строк експлуатації	Імовірність справного стану
1. Двигун і навісне обладнання							
1.1	Циліндро-поршнева група	400000	399073	10000	9977	1	0,950
1.2	Кривошипно-шатунні група	400000	399073	10000	9977	1	0,950
1.3	Блок циліндрів	400000	399073	10000	9977	1	0,950
1.4	Газо-розподільчий механізм	400000	375109	10000	9378	8	0,600
1.5	Головка блока циліндрів	400000	400000	10000	10000	0	1,000
1.6	Система надуву повітря	400000	391797	10000	9795	3	0,850
1.7	Система пуску	240000	220021	6000	5501	19	0,525
1.8	Система випуску	400000	347033	10000	8676	10	0,500
1.9	Система мащення	400000	395428	10000	9886	2	0,900
1.10	Система охолодження	240000	229136	6000	5728	9	0,775
1.11	Система живлення	200000	191393	5000	4785	18	0,550
2. Трансмісія							
2.1	Зчеплення	160000	141875	4000	3547	13	0,783
2.2	Коробка перемикання передач	360000	339956	9000	8499	8	0,800
2.3	Роздаточна коробка	400000	394896	10000	9872	3	0,850
2.4	Карданна передача	240000	230908	6000	5773	9	0,775
2.5	Головна передача	144000	141606	3600	3540	12	0,800
2.6	Задній міст (мости)	256000	237564	6400	5939	17	0,575
3. Ходова частина							
3.1	Підвіска	200000	176979	5000	4424	26	0,567
3.2	Колеса, шини	120000	114084	3000	2852	16	0,733
4. Рульове керування							
4.1	Рульовий механізм	256000	246882	6400	6172	7	0,825
4.2	Підсилювач керма	256000	246225	6400	6156	5	0,875
5. Гальмівна система							
5.1	Гальмівні механізми	120000	117021	3000	2926	10	0,833
5.2	Привод гальм та пневмо- компресорне обладнання	256000	248477	6400	6212	4	0,900
6. Електрообладнання (елементи, що безпосередньо впливають на роботу автомобіля)							
6.1	Система освітлення та сигналізації	56000	53453	1400	1135	26	0,814
6.2	Склоочисники та склоомивачі	240000	234445	6000	5861	4	0,900
6.3	Вентиляція і опалення кабіни	240000	231016	6000	5775	6	0,850
7. Шасі							
7.1	Шасі, рама	400000	391264	10000	9782	3	0,850
Середнє		227924,5	217697,8	5698,1	5442,4	12,1	0,780

Таблиця Б.4 – Напрацювання на відмову основних елементів автомобіля
 КамАЗ 53229 АБС-6ДА/АБС-7ДА (міксер) в обсязі 30 автомобілів за 400 тис. км.

Елементи та системи автомобіля		Очікуваний наробіток на відмову, км	Середній наробіток на відмову, км	Очікуваний наробіток на відмову, год.	Середній наробіток на відмову, год.	Кількість відмов за строк експлуатації	Імовірність справного стану
1. Двигун і навісне обладнання							
1.1	Циліндро-поршнева група	400000	397344	10000	9934	2	0,933
1.2	Кривошипно-шатунні група	400000	397344	10000	9934	2	0,933
1.3	Блок циліндрів	400000	397344	10000	9934	2	0,933
1.4	Газо-розподільчий механізм	400000	359082	10000	9310	12	0,600
1.5	Головка блока циліндрів	400000	400000	10000	10000	0	1,000
1.6	Система надуву повітря	400000	393853	10000	9846	3	0,900
1.7	Система пуску	240000	222104	6000	5553	28	0,533
1.8	Система випуску	400000	315164	10000	7879	26	0,133
1.9	Система мащення	400000	391627	10000	9791	5	0,833
1.10	Система охолодження	240000	226990	6000	5675	23	0,617
1.11	Система живлення	200000	188076	5000	4702	30	0,500
2. Трансмісія							
2.1	Зчеплення	160000	149219	4000	3730	12	0,867
2.2	Коробка перемикання передач	360000	343921	9000	8598	9	0,775
2.3	Карданна передача	240000	234283	6000	5857	9	0,850
2.4	Головна передача	144000	142160	3600	3554	11	0,878
2.5	Задній міст (мости)	256000	240451	6400	5979	23	0,617
3. Ходова частина							
3.1	Підвіска	200000	177401	5000	4435	36	0,400
3.2	Колеса, шини	120000	115706	3000	2893	24	0,733
4. Рульове керування							
4.1	Рульовий механізм	256000	248188	6400	6205	12	0,800
4.2	Підсилювач керма	256000	249551	6400	6239	9	0,850
5. Гальмівна система							
5.1	Гальмівні механізми	120000	117321	3000	2933	18	0,800
5.2	Привод гальм та пневмо-компресорне обладнання	256000	251138	6400	6278	8	0,867
6. Електрообладнання (елементи, що безпосередньо впливають на роботу автомобіля)							
6.1	Система освітлення та сигналізації	56000	53467	1400	1323	44	0,848
6.2	Склоочисники та склоомивачі	240000	234223	6000	5856	6	0,900
6.3	Вентиляція і опалення кабіни	240000	230206	6000	5755	10	0,833
7. Шасі							
7.1	Шасі, рама	400000	390040	10000	9751	5	0,833
Середнє		224615,4	214443,2	5615,4	5361,1	12,5	0,732

ДОДАТОК В

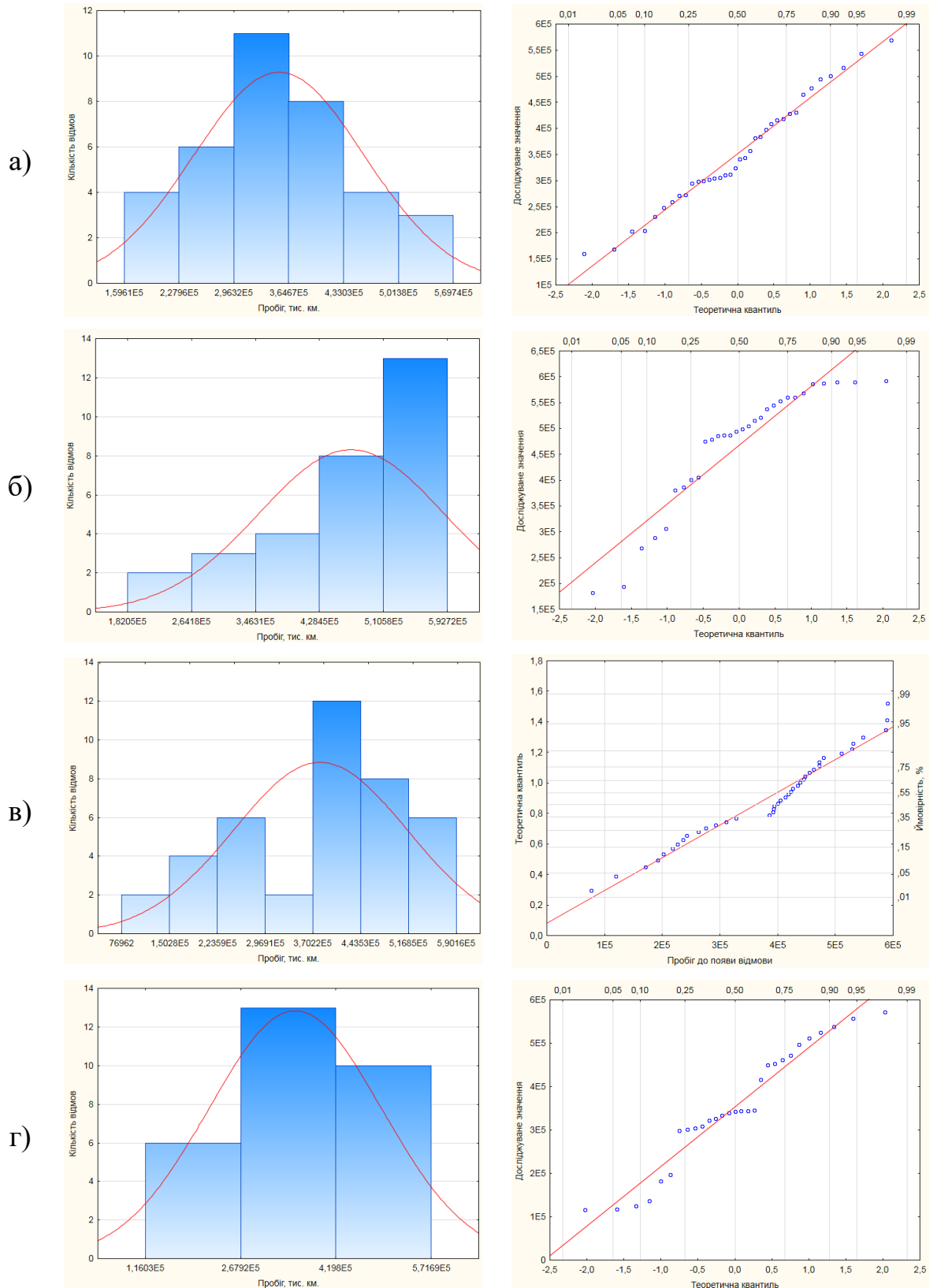
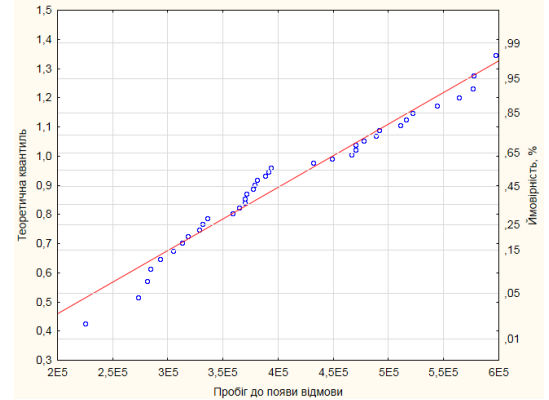
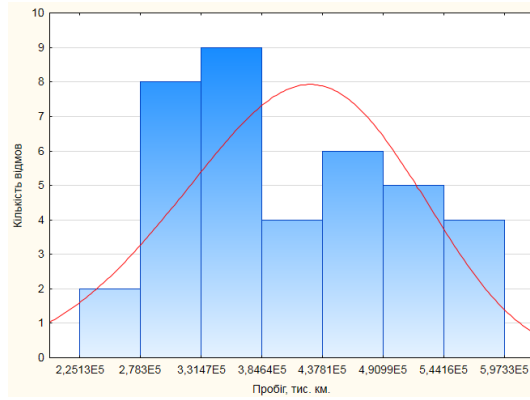


Рисунок В.1. – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля DAF 85 CF-380 (самоскид): а – навісне обладнання двигуна; б – трансмісія; в – ходова частина; г – електрообладнання.

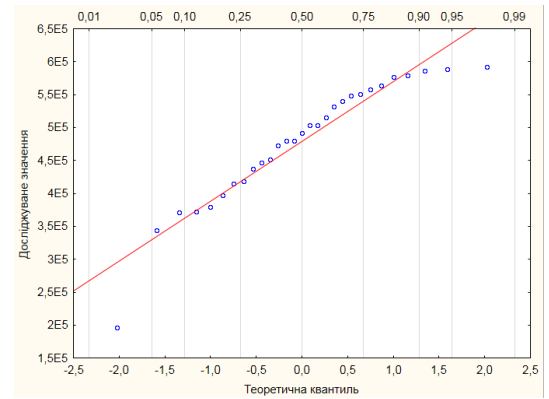
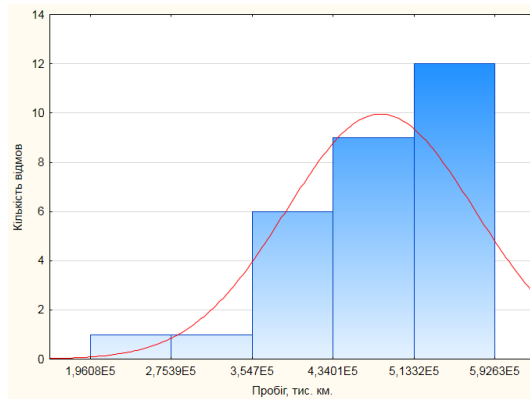
Таблиця В.1 – Характеристика появи відмов автомобіля DAF 85 CF-380 (самоскид).

Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт значущості, p	Критерій Пірсона, χ^2	Критерій нормальності Шапро-Уїлка	–
Навісне обладнання двигуна	Нормальний $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	351,460	105,730	0,671	$\chi^2 = 7,81 \geq 1,55$	0,638	–
Трансмісія		592,720	173,660	0,104	$\chi^2 = 11,04 \geq 9,11$	0,303	–
Електро-обладнання		353,240	136,900	0,049	$\chi^2 = 7,81 \geq 7,39$	0,083	–
Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт масштабу λ	Коефіцієнт форми k	Коефіцієнт детермінації R^2	Критерій згоди Холландера-Прошана
Ходова частина	Вейбула $f(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}$	379,870	132,420	423,469	3,3	0,965	0,730

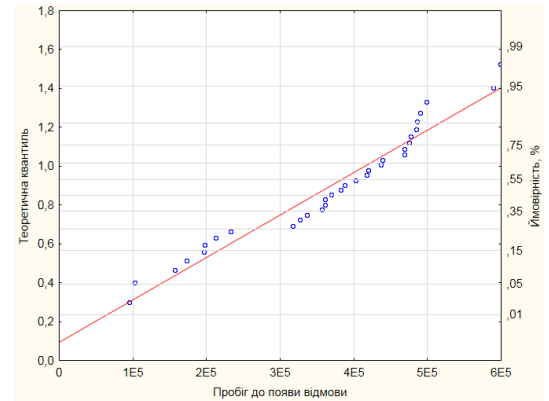
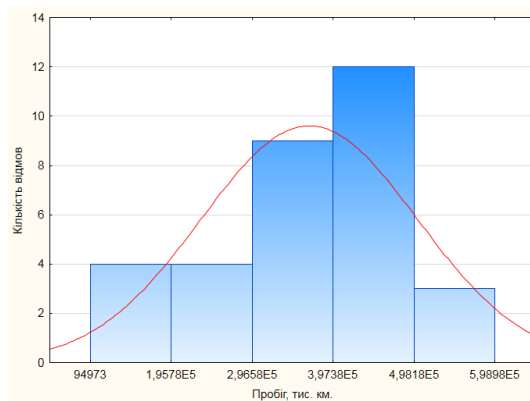
а)



б)



в)



г)

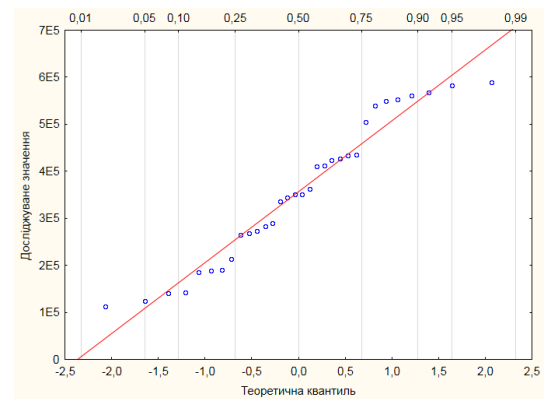
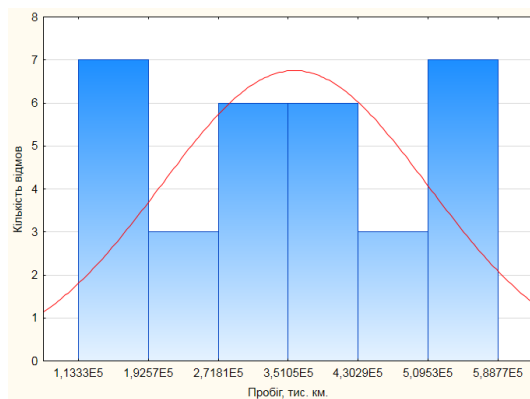
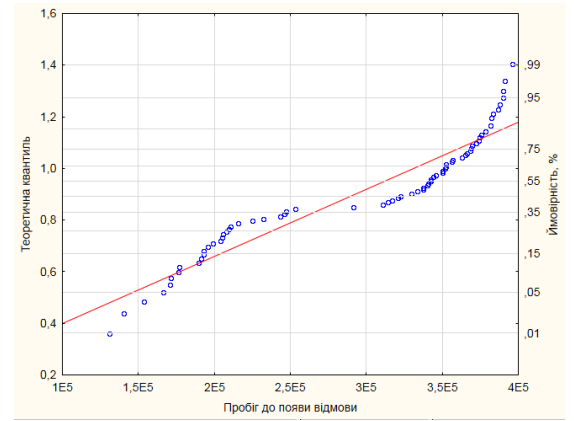
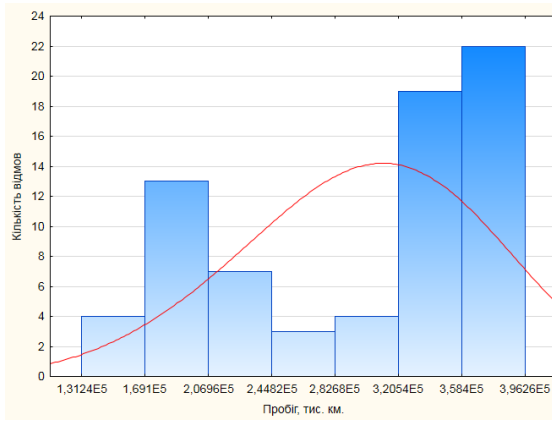


Рисунок В.2 – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля DAF 85 CF-380 (міксер) : а – навісне обладнання двигуна; б – трансмісія; в – ходова частина; г – електрообладнання.

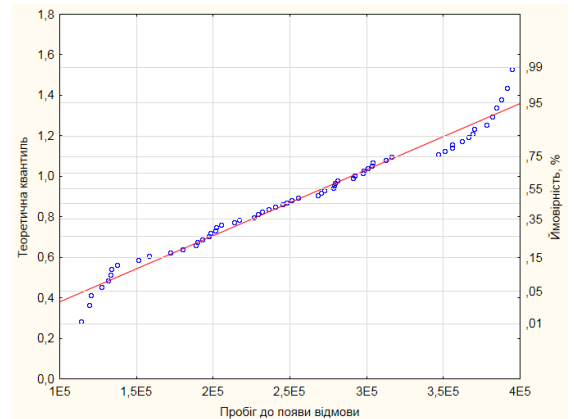
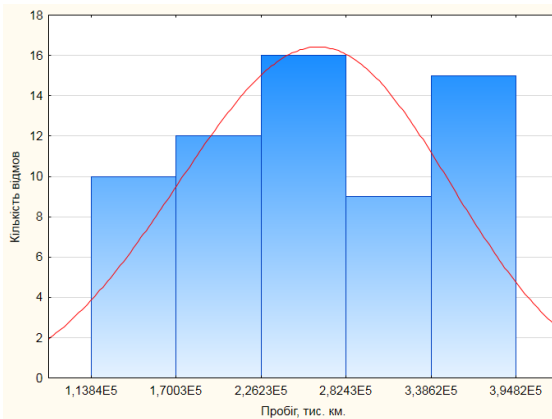
Таблиця В.2 –Характеристика появи відмов автомобіля DAF 85 CF-380 (міксер).

Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт масштабу λ	Коефіцієнт форми k	Коефіцієнт детермінації R^2	Критерій згоди Холландера-Пашана
Навісне обладнання двигуна	Вейбула $f(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}$	410,068	98,059	448577,4	4,7	0,9801	0,778
Ходова частина		366,090	133,930	409067,2	3,2	0,9512	0,707
Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт значущості, p	Критерій Пірсона, χ^2	Критерій нормальності Шапіро-Уїлка	—
Трансмісія	Нормальний $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	478,970	92,127	0,911	$\chi^2 = 11,07 \geq 1,51$	0,995	—
Електро-обладнання		356,600	149,740	0,616	$\chi^2 = 3,84 \geq 0,25$	0,087	—

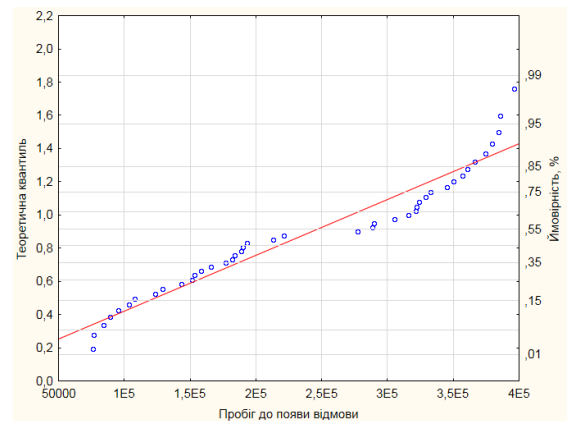
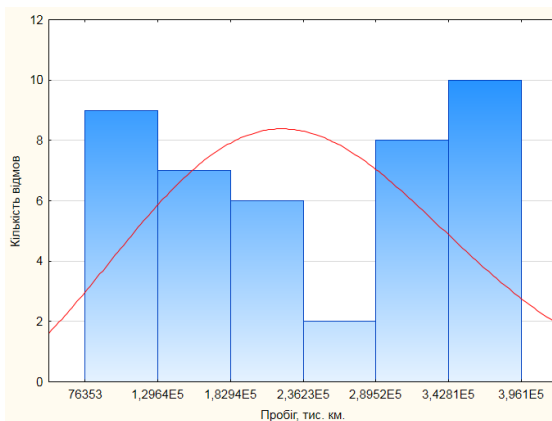
а)



б)



в)



г)

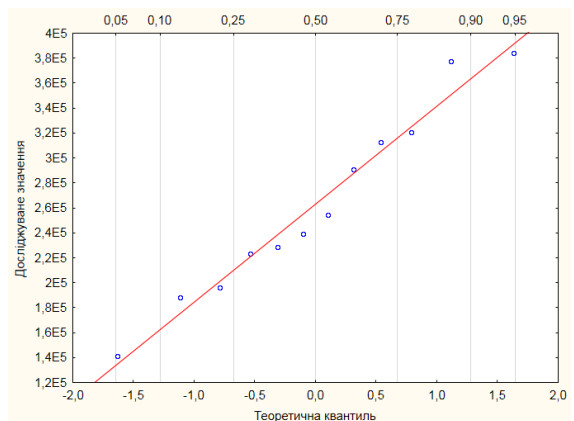
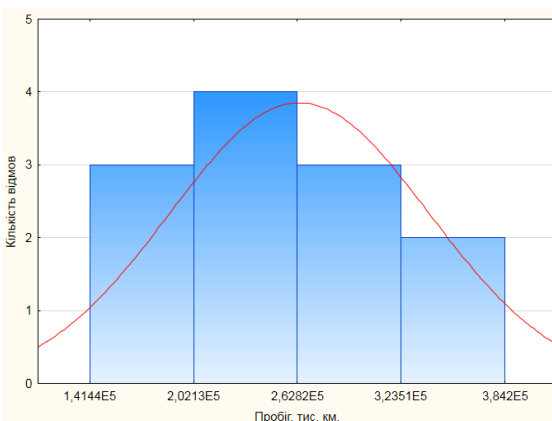
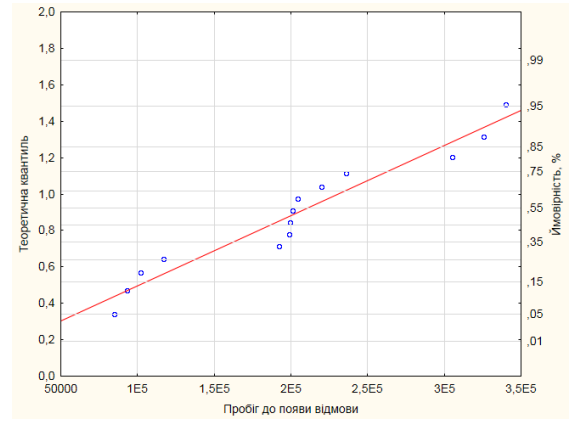
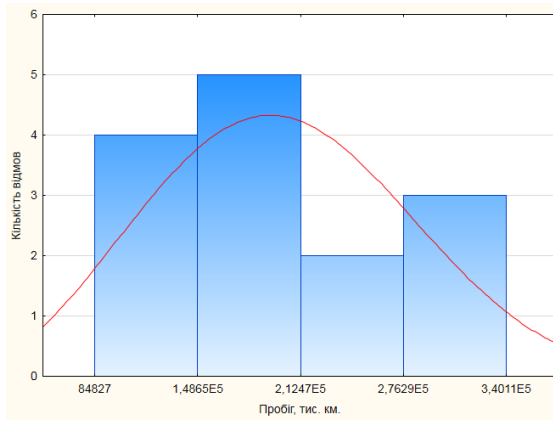


Рисунок В.3.1 – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля КамАЗ 53229 (самоскид): а – двигун; б – трансмісія; в – ходова частина; г – рульове керування.

а)



б)

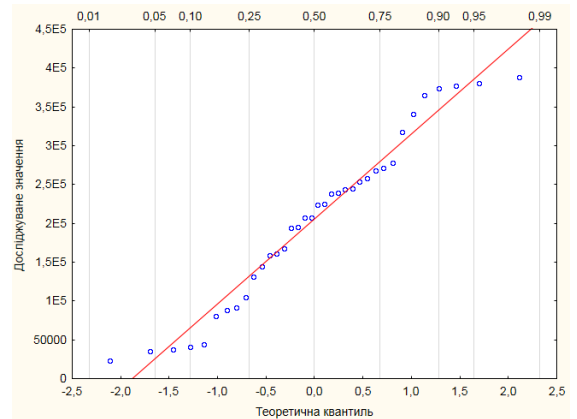
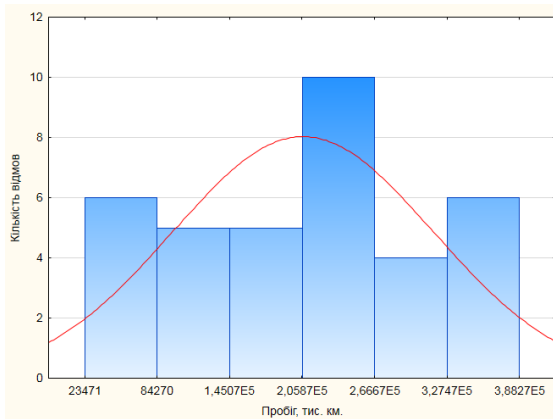
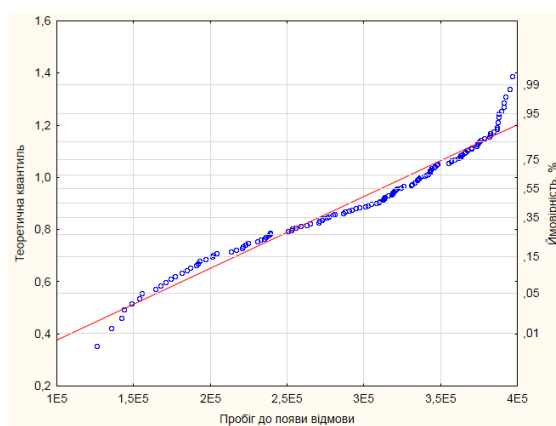
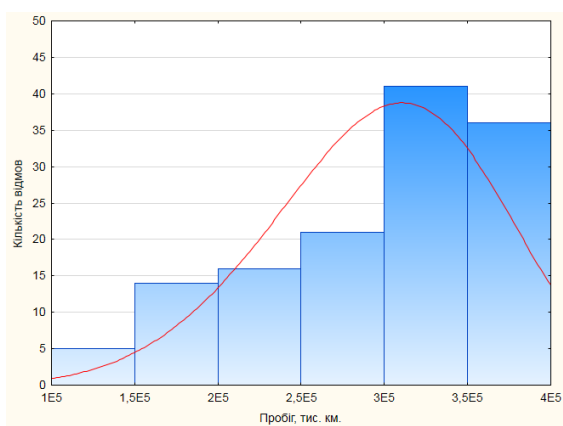


Рисунок В.3.2 – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля КамаЗ 53229 (самоскид): а – гальмівна система; б – електрообладнання.

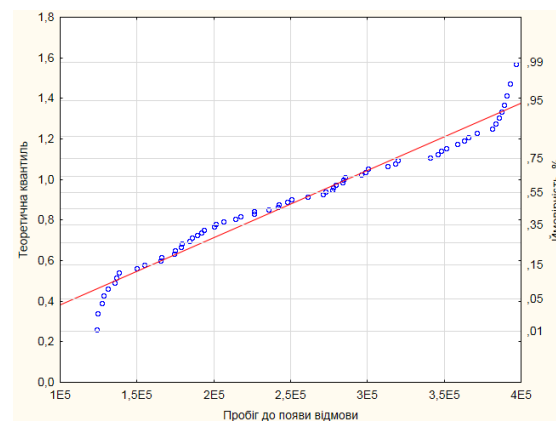
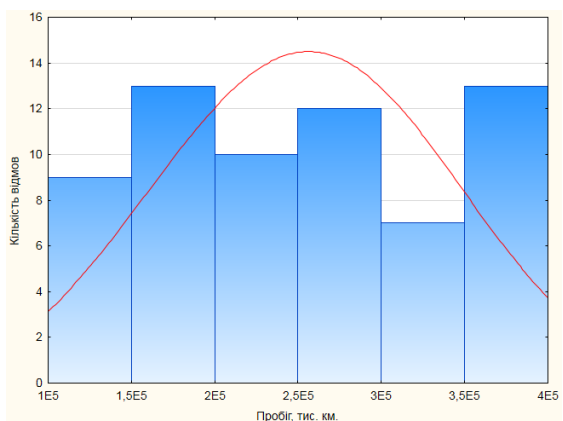
Таблиця В.3 – Характеристика появи відмов автомобіля КамАЗ 53229 (самоскид).

Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт масштабу λ	Коефіцієнт форми k	Коефіцієнт детермінації R^2	Критерій згоди Холланда-Прошана
Двигун	Вейбула $f(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}$	327,950	45,244	327953,6	4,5	0,9281	0,619
Трансмісія		288,770	35,401	288766,6	3,5	0,9686	0,963
Ходова частина		269,740	25,024	269739,2	2,5	0,9568	0,956
Гальмівна система		226,920	27,739	226917,6	2,8	0,9295	0,970
Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт значущості, p	Критерій Пірсона, χ^2	Критерій нормальності Шапіро-Уїлка	–
Рульове керування	Нормальний $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	263,210	75,403	–	–	0,816	–
Електро-обладнання		205,560	108,710	0,358	$\chi^2 = 5,99 \geq 2,05$	0,140	–

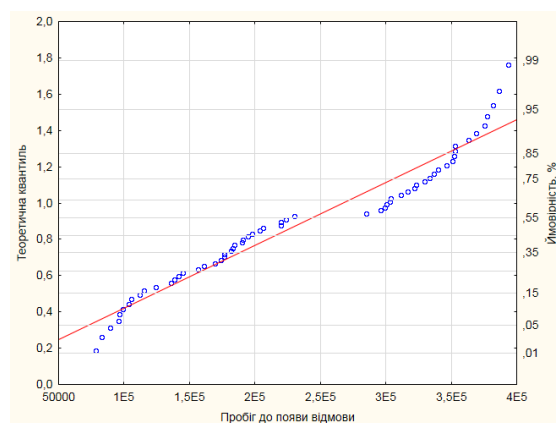
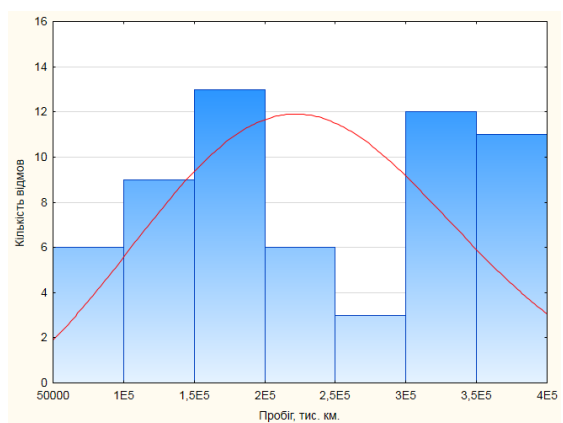
а)



б)



в)



г)

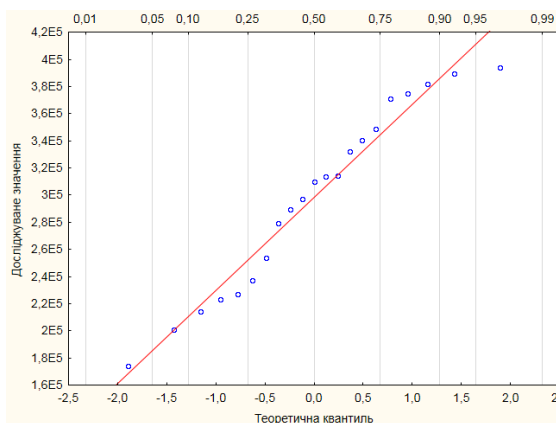
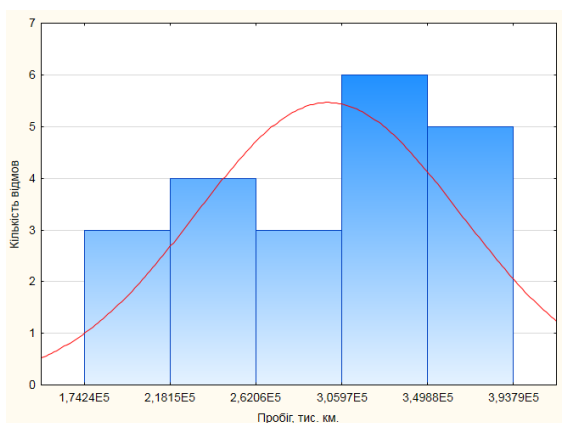
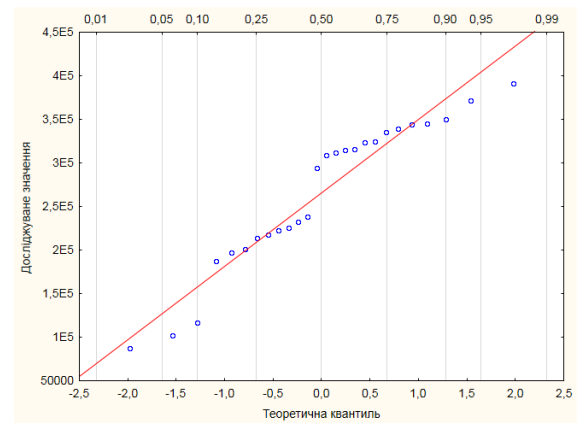
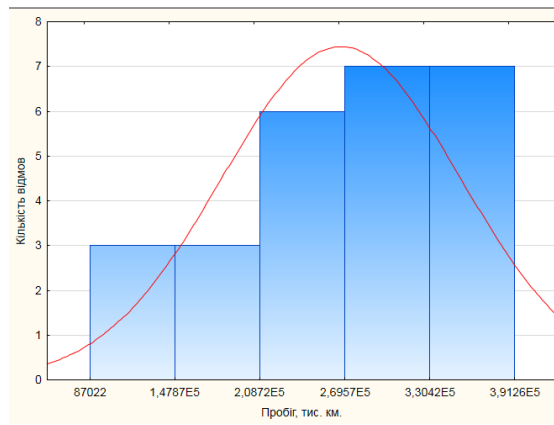


Рисунок В.4.1 – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля КамАЗ 53229 (міксер) : а – двигун; б – трансмісія; в – ходова частина; г – рульове керування.

а)



б)

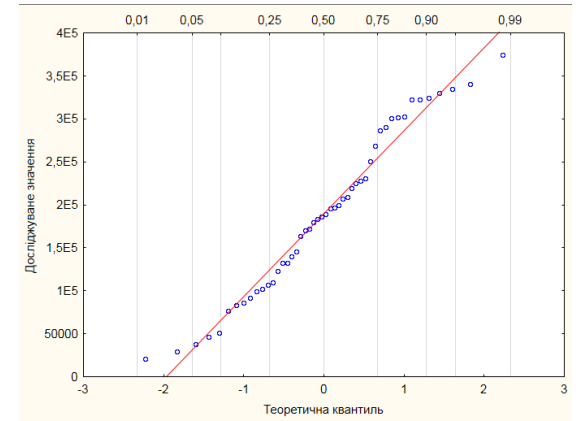
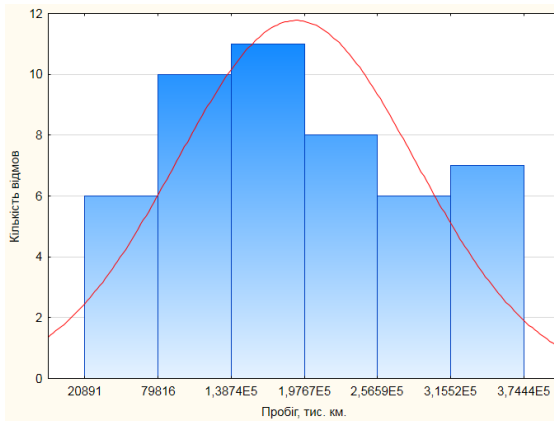


Рисунок В.4.2 – Гістограма і квантильний графік потоку відмов автомобіля КамАЗ 53229 (міксер): а – гальмівна система; б – електрообладнання.

Таблиця В.4 – Характеристика появи відмов автомобіля Камаз 53229 (міксер).

Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт масштабу λ	Коефіцієнт форми k	Коефіцієнт детермінації R^2	Критерій згоди Холланда-Промана
Двигун	Вейбула $f(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}$	296,987	73,425	324695,5	5,0	0,9657	0,572
Трансмсія		255,127	86,161	285201,9	3,3	0,9657	0,861
Ходова частина		235,117	99,554	265678,1	2,6	0,9696	0,974
Елементи автомобіля	Найменування і вид розподілу	Математичне очікування μ , тис. км.	Середнє-квадратичне відхилення σ , тис. км.	Коефіцієнт значущості, p	Критерій Пірсона, χ^2	Критерій нормальності Шапіро-Уїлка	–
Рульове керування	Нормальний $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	298,300	67,296	–	–	0,333	–
Гальмівна система		265,840	84,779	0,245	$\chi^2 = 3,84 \geq 1,35$	0,048	–
Електро-обладнання		190,090	95,829	0,157	$\chi^2 = 7,81 \geq 5,20$	0,169	–

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Калькуляція витрат на запасні частини і витратні матеріали автомобіля КамАЗ 53229С самоскид.

№ п/п авто	№ п/п ремонту	Тривалість ремонту, год.	Вартість ЗЧ і матеріалів, грн. (без ПДВ)	Загальна вартість ЗЧ і матеріалів, що припадають на ремонт, грн.
1	2	3	4	5
1	1	4,5	Розсіювач фари, лівий – 345,00	345,00
	2	28,8	Підшипник ступиці, задній – 413,25	413,25
	3	25,2	Прокладка випускного колектору – 148,50 Гофра – 359,10	507,60
	4	18,0	Комплект підшипників головної передачі – 1182,00 Сальник – 81,9	1263,90
	5	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00
	6	42,9	Диск зчеплення – 931,91	931,91
	7	27,0	Антифриз – 459,90 Стяжка – 36,00 Серга – 73,50	569,40
	8	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00
	9	16,2	Ремонтний комплект колісний – 216,15	216,15
	10	36,0	Коромисло ГРМ – 502,50 Прокладка клапанної кришки – 16,23	518,73
	11	28,8	Піввісь – 5526,67 Підшипник ступиці, задній – 412,25 Сальник – 22,13	5952,05
Всього		263,4	Всього	13249,99
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				50,30
2	1	25,2	Провід АКБ «+» – 615,83	615,83
	2	22,5	Хрестовина кардана – 912,00 Підвісний підшипник – 721,20	1633,20
	3	18,0	Комплект підшипників головної передачі – 1182,00 Сальник – 81,90	1263,90
	4	25,2	Лонжерон підрамника – 1482,77	1482,77
	5	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00
	6	27,0	Ресора, задня – 18425,43	18425,43
	7	22,5	Хрестовина кардана, 2 шт. – 1824,00	1824,00
	8	25,2	Обгонна муфта з шестернею – 319,80	319,80
Всього		183,6	Всього	26830,90
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				146,14
3	1	27,0	Пневмобалон – 2480,30	2480,30
	2	28,8	Підшипник ступиці, задній – 413,25	413,25

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5
3	3	4,5	Розсіювач фари, правий – 345,00	345,00
	4	10,8	Прокладка випускного колектору – 148,50	148,50
	5	27,0	Амортизатор, задній – 459,90 Серга, 2 шт. – 117,00	576,90
	6	36,0	Коромисло ГРМ – 502,50 Прокладка клапанної кришки – 16,23	518,73
	7	90,0	Масляний насос турбіни – 3075,00 Картридж турбіни – 5130,00	8205,00
	8	18,0	Сальник – 81,90 Пластичне мастило, 300 г – 210,00	291,90
	9	45,0	Ремонтний комплект форсунок – 450,00	450,00
Всього		287,1	Всього	13429,6
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				46,78
4	1	16,2	Шланг ГПК – 347,04 Рідина ГПК, 2,8 л – 1428,00	1775,04
	2	27,0	Пневмобалон – 2480,30	2480,30
	3	45,0	Ремонтний комплект ПНВТ – 574,11	574,11
	4	25,2	Реле стартера – 2020,50 Щітки стартера – 393,00	2413,50
	5	22,5	Хрестовина кардана – 912,00 Підвісний підшипник – 721,20	1633,20
	6	28,8	Піввісь – 58791,68; Консистентне мастило, Литол 24, 4 кг – 396,00 Підшипник ступиці, задній – 413,25 Сальник – 22,12	59623,05
	7	4,5	Провід маси 0,5 м – 16,50	16,50
	8	45,0	Ремонтний комплект форсунок – 450,00	450,00
	9	25,2	Електрод зварювальний, 2 шт. – 63,00 Антикор, 500 мл – 174,00	237,00
	10	27,0	Амортизатор, передній, 2 шт – 1573,20	1573,20
	11	10,8	Гофра – 359,10	359,10
	12	4,5	Провід двожильний 1,5 м – 27,00	27,00
Всього		281,7	Всього	71162,0
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				252,62
5	1	16,2	Ремонтний комплект колісний – 216,15	216,15
	2	4,5	Провід двожильний 1,5 м – 27,00	27,00
	3	40,5	Диск зчеплення – 931,91	931,91
	4	27,0	Ресора, задня – 18425,43	18425,43
	5	28,8	Підшипник ступиці, задній, 2 шт – 826,50 Сальник, 2 шт – 44,25	870,75
	6	18,0	Кран гальмівний, двосекційний – 1811,91 Шланг гальмівний, 655 мм – 159,60	1971,51
	7	18,0	Енергоакумулятор гальмівний, передній – 2370,00	2370,00

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5
5	8	10,8	Прокладка випускного колектору – 148,50	148,50
	9	10,8	Хрестовина рульового валу – 256,49	256,49
	10	85,5	Підшипники первинного валу – 504,00 Підшипники проміжного валу – 845,90 Трансмісійне мастило, 12 л – 1656,00	3005,90
	11	40,5	Диск зчеплення – 931,91	931,91
	12	25,2	Лонжерон підрамника – 1482,77	1482,77
	13	28,8	Піввісь – 58791,68; Консистентне мастило, Литол 24, 4 кг – 396,00 Підшипник ступиці, задній – 413,25 Сальник – 22,12	59623,05
	14	45,0	Ремонтний комплект ПНВТ – 574,11	574,11
Всього		399,6	Всього	90835,5
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				227,32
6	1	4,5	Провід двожилийний 1,5 м – 27,00	27,00
	2	40,5	Диск зчеплення – 931,91	931,91
	3	27,0	Пневмобалон – 2480,30	2480,30
	4	16,2	Шланг ГПК – 231,36 Рідина ГПК, 2,8 л – 952,00	1775,04
	5	25,2	Реле стартера – 2020,50 Щітки стартера – 393,00	2413,50
	6	21,6	Радіатор опалювача – 1052,79; Антифриз, 2л – 432,00	1484,79
	7	28,8	Піввісь – 58791,68; Консистентне мастило, Литол 24, 4 кг – 396,00 Підшипник ступиці, задній – 413,25 Сальник – 22,12	59623,05
Всього		163,8	Всього	68735,6
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				419,63
Середнє по групі				190,46

Таблиця Г.2 –Калькуляція витрат на запасні частини і витратні матеріали автомобіля КамАЗ 53229 АБС-6ДА/АБС-7ДА міксер.

№ п/п авто	№ п/п ремонту	Тривалість ремонту, год.	Вартість ЗЧ і матеріалів, грн. (без ПДВ)	Загальна вартість ЗЧ і матеріалів, що припадають на ремонт, грн.
1	2	3	4	5
1	1	18,0	Гальмівні колодки передні, 2 шт. – 2993,46	2993,46
	2	45,0	Ремонтний комплект форсунок – 450,00	450,00
	3	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00

Продовження таблиці Г.2

1	2	3	4	5
1	4	21,6	Двигун-редуктор склоочисника – 1414,50	1414,50
	5	18,0	Енергоакумулятор гальмівний, передній – 2370,00	2370,00
	6	36,0	Коромисло ГРМ – 502,50 Прокладка клапанної кришки – 16,23	518,73
	7	27,0	Ресора, задня – 18425,43	18425,43
	8	28,8	Підшипник ступиці, задній, 2 шт – 826,50 Сальник, 2 шт – 44,25	870,75
Всього		212,4	Всього	28308,87
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				133,28
2	1	13,5	Шина – 4515,00; Камера – 880,50	5395,50
	2	28,8	Підшипник ступиці, задній, 2 шт – 826,50 Сальник, 2 шт – 44,25	870,75
	3	45,0	Ремонтний комплект форсунок – 450,00	450,00
	4	10,8	Хрестовина рульового валу – 256,49	256,49
	5	10,8	Гофра – 359,10	359,10
	6	27,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 919,80	919,80
	7	25,2	Реле стартера – 2020,50 Щітки стартера – 393,00	2413,50
	8	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00
	9	21,6	Радіатор опалювача – 1052,79; Антифриз, 2л – 432,00	1484,79
	10	28,8	Підшипник ступиці, задній, 2 шт – 826,50 Сальник, 2 шт – 44,25	870,75
	11	28,8	Поперечина рами – 8788,50; Болти рами з гайками і шайбами, 6 шт – 811,53	9600,03
Всього		258,3	Всього	23886,71
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				92,48
3	1	27,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 919,80	919,80
	2	21,6	Двигун-редуктор склоочисника – 1414,50	1414,50
	3	18,0	Комплект підшипників головної передачі – 1182,00 Сальник – 81,90	1263,90
	4	18,0	Радіатор – 7962,08; Антифриз, 35л – 7560,00	15522,08
	5	77,4	Підшипник хвостовика КПП – 153,30; Комплект сальників – 289,80; Трансмісійне мастило, 12 л – 1656,00.	2099,10
	6	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00

Продовження таблиці Г.2

1	2	3	4	5
3	7	10,8	Прокладка випускного колектору – 148,50	148,50
	8	108,0	Комплект кілець поршневих – 1559,22; Палець поршневий, 8 шт – 1284,00.	2843,22
	9	108,0	Комплект вкладишів корінних – 2188,50; Комплект вкладишів шатунних – 1912,35.	4100,85
	10	108,0	Прокладка блока циліндрів, 2 шт – 555,57; Прокладка піддона – 169,50; Моторне мастило, 34л – 12240,00.	12965,07
Всього		514,8	Всього	42543,02
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				82,64
4	1	40,5	Клапан обратки – 213,86 Рідина для промивки форсунок – 409,50	623,36
	2	22,5	Хрестовина кардана – 912,00 Підвісний підшипник – 721,2	1633,20
	3	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00
	4	10,8	Хрестовина рульового валу – 256,49	256,49
	5	18,0	Комплект підшипників головної передачі – 1182,00 Сальник – 81,90	1263,90
	6	10,8	Прокладка випускного колектору – 148,50	148,50
	7	40,5	Диск зчеплення – 931,90 Підшипник вижимний з муфтою – 1413,68	2345,58
	8	18,0	Гальмівні колодки передні, 2 шт. – 2993,46	2993,46
	9	27,0	Амортизатор, задній – 459,90 Стяжка – 36,00 Серга – 73,50	569,40
	10	25,2	Реле стартера – 2020,50 Щітки стартера – 393,00	5413,50
	11	13,5	Шина – 4515,00; Камера – 880,50	5395,50
Всього		244,8	Всього	21908,89
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				89,50
5	1	13,5	Шина – 4515,00; Камера – 880,50	5395,50
	2	27,0	Амортизатор, задній – 459,90 Стяжка – 36,00 Серга – 73,50	569,40
	3	22,5	Хрестовина кардана – 912,00 Підвісний підшипник – 721,2	1633,20
	4	18,0	Гальмівні колодки передні, 2 шт. – 2993,46	2993,46

Продовження таблиці Г.2

1	2	3	4	5
5	5	25,2	Обгонна муфта з шестернею – 319,80	319,80
	6	27,0	Амортизатор, задній – 459,9 Стяжка – 36,00 Серга – 73,50	569,40
	7	18,0	Насос масляний – 3175,25	3175,25
	8	18,0	Патрубок з хомутами, нижній – 402,00 Антифриз, 4л – 864,00	1266,00
	9	10,8	Гофра – 359,10	359,10
	10	18,0	Кран гальмівний, двосекційний – 1811,91 Шланг гальмівний, 655 мм – 159,60	1971,51
	11	45,0	Ремонтний комплект ПНВТ – 574,11	574,11
Всього		243,0	Всього	18826,73
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				77,48
6	1	13,5	Шина – 4515,00; Камера – 880,50	5395,50
	2	21,6	Радіатор опалювача – 1052,79; Антифриз, 2л – 432,00	1484,79
	3	4,5	Провід двожильний 1,5 м – 27,00	27,00
	4	4,5	Розсіювач фари, лівий – 345,00	345,00
	5	27,0	Амортизатор, задній – 459,90 Стяжка – 36,00 Серга – 73,50	569,40
	6	22,5	Хрестовина кардана – 912,00 Підвісний підшипник – 721,2	1633,20
	7	13,5	Шина – 4515,00; Камера – 880,50	5395,50
	8	18,0	Радіатор – 7962,08; Антифриз, 35л – 7560,00	15522,08
	9	18,0	Комплект підшипників головної передачі – 1182,00 Сальник – 81,90	1263,90
	10	13,5	Камера, 2шт. – 1761,00	1761,00
	11	18,0	Насос масляний – 3175,25	3175,25
	12	10,8	Хрестовина рульового валу – 256,49	256,49
	13	27,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 919,80	919,80
Всього		212,4	Всього	37748,91
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				177,73
Середнє по групі				108,8

Таблиця Г.3 – Калькуляція витрат на запасні частини і витратні матеріали автомобіля DAF 85 CF-380 самоскид.

№ п/п авто	№ п/п ремонту	Тривалість ремонту, год.	Вартість ЗЧ і матеріалів, грн. (без ПДВ)	Загальна вартість ЗЧ і матеріалів, що припадають на ремонт, грн.
1	2	3	4	5
1	1	54,0	Хрестовина кардана, 2 шт – 4197,68; Консистентне мастило, Литол 24, 4 кг – 396,00	4593,68
	2	36,0	Колесо, 2 шт – 20037,00; Камера, 2 шт – 6150,00; Гайка колісна, 4 шт – 180,00	26367,00
	3	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	4	24,0	Ремонтний комплект форсунок – 1540,14	1540,14
	5	31,2	Амортизатор, задній – 2272,35; Пневмобалон, задній – 3360,00; Серга ресори з пальцем – 975,00	6607,35
	6	25,2	Радіатор пічки – 780,00; Вентилятор пічки – 2880,00; Антифриз, 5 л – 1275,00	4935,00
	7	18,0	Механізм склоочисника з мотор-редуктором – 2970,45	2970,45
Всього		191,4	Всього	47276,13
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				247,00
2	1	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	2	7,2	Гофра випускної системи – 4050,00	4050,00
	3	24,0	Паливний насос низького тиску – 5070,00; Паливний фільтр – 603,00; Рідина для промивки форсунок – 409,50	6082,50
	4	31,2	Лист ресори, корінний, – 5323,50; Лист ресори, проміжний, 2 шт – 2085,50; Стрем'янка ресори, 2 шт – 1716,12	10125,10
	5	25,2	Підшипник ступиці, 2 шт – 4246,26	4246,26
	6	23,4	Патрубок радіатора, нижній – 887,25; Антифриз, 16л – 4080,00	4967,25
	7	30,0	Хрестовина кардана – 2098,84; Консистентне мастило, Литол 24, 2 кг – 198,00; Підвісний підшипник – 1189,50	3486,35
Всього		144,0	Всього	33219,98
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				230,69
3	1	3,0	Розсіювач фари, лівий – 645,44	645,44
	2	7,2	Гофра випускної системи – 4050,00	4050,00
	3	31,2	Амортизатор, задній, 2шт – 4544,70; Серга ресори з пальцем, 2 шт – 1950,00	6494,70

Продовження таблиці Г.3

1	2	3	4	5
3	4	24,0	Втягуюче реле – 2325,00; Щітки стартера – 847,88	3172,88
	5	33,0	Шестерня головної передачі – 6480,00; Прокладка кришки головної передачі – 322,05; Сальник хвостовика головної передачі – 414,00; Мастило головної передачі, 5 л – 871,88	8492,93
	6	108,0	Куліса КПП – 10342,50; Тяга куліси – 960,00; Сальник КПП, передній – 394,55; Сальник КПП, задній – 319,53; Трансмійне мастило, 9л – 2077,65	14094,23
Всього		206,4	Всього	36950,18
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				339,97
4	1	36,0	Зчеплення, комплект – 24794,10; Сальник КПП, передній – 394,55	25188,65
	2	25,2	Радіатор пічки – 780,00; Вентилятор пічки – 2880,00; Антифриз, 5 л – 1275,00	4935,00
	3	24,0	Ремонтний комплект форсунок – 1540,14	1540,14
	4	31,2	Амортизатор, задній, 2шт – 4544,70; Серга ресори з пальцем, 2 шт – 1950,00	6494,70
	5	24,0	Втягуюче реле – 2325,00; Щітки стартера – 847,88	3172,88
	6	19,2	Комплект гальмівних колодок, передні, 2 шт – 2375,10	2375,10
	7	25,2	Підшипник ступиці, 2 шт – 4246,29	4246,29
	8	10,8	Шпилька колісна, 6 шт – 1354,14	1354,14
	9	31,2	Амортизатор, задній, 2шт – 4544,70; Серга ресори з пальцем, 2 шт – 1950,00	6494,70
Всього		226,8	Всього	55801,60
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				113,22
5	1	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	2	31,2	Амортизатор, задній, 2шт – 4544,70; Серга ресори з пальцем, 2 шт – 1950,00	6494,70
	3	34,2	Прокладка випускного колектора, – 299,25; Лямда зонд, 2 шт. – 16500,00	16799,25
	4	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	5	36,0	Зчеплення, комплект – 24794,10; Сальник КПП, передній – 394,55	25188,65
	6	24,0	Свічка накала, 6 шт – 1080,00	1080,00
	7	25,2	Підшипник ступиці, 2 шт – 4246,29	4246,29
	8	24,0	Ремонтний комплект форсунок – 1540,14	1540,14

Продовження таблиці Г.3

1	2	3	4	5
5	9	112,2	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00; Серга ресори з пальцем, 2 шт – 1950,00; Датчик положення підвіски, задній – 604,50; Клапан скидання тиску електромагнітний – 502,13; Ресивер – 6195,00	20516,33
Всього		282,8	Всього	76390,36
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				237,82
6	1	10,8	Ремонтний комплект, колісний – 216,15	216,15
	2	7,2	Каталізатор – 16800,00	16800,00
	3	8,4	Хрестовина рульового валу – 321,83	321,83
	4	23,4	Патрубок радіатора, нижній – 887,25; Антифриз, 16л – 4080,00	4967,25
	5	25,2	Підшипник ступиці, 2 шт – 4246,29	4246,29
	6	18,0	Механізм склоочисника з мотор-редуктором – 2970,45	2970,45
	7	33,0	Шестерня головної передачі – 6480,00; Прокладка кришки головної передачі – 322,05; Сальник хвостовика головної передачі – 414,00; Масило головної передачі, 5 л – 871,88	8492,93
Всього		126,0	Всього	38014,90
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				301,51
Середнє по групі				245,10

Таблиця Г.4 – Калькуляція витрат на запасні частини і витратні матеріали автомобіля DAF 85 CF-380 міксер.

№ п/п авто	№ п/п ремонту	Тривалість ремонту, год.	Вартість ЗЧ і матеріалів, грн. (без ПДВ)	Загальна вартість ЗЧ і матеріалів, що припадають на ремонт, грн.
1	2	3	4	5
1	1	27,0	Ремонтний комплект форсунок – 1540,14; Рідина для промивки форсунок – 409,50	1949,64
	2	14,4	Ресивер – 6195,00; Патрубок повітряний до ресивера – 1773,00	7968,00
	3	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
	4	25,2	Підшипник ступиці, 2 шт – 4246,29	4246,29

Продовження таблиці Г.4

1	2	3	4	5
1	5	39,0	Лист ресори, корінний, – 5323,50; Лист ресори, проміжний, 2 шт – 3085,50; Стрем'янка ресори, 2 шт – 1716,12; Амортизатор, задній – 2272,35	12397,47
Всього		144,6	Всього	37826,10
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				261,59
2	1	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
	2	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	3	23,4	Патрубок радіатора, нижній – 887,25; Антифриз, 16л – 4080,00	4967,25
	4	3,0	Розсіювач фари, лівий – 645,44	645,44
	5	10,8	Ремонтний комплект, колісний – 216,15	216,15
	6	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
	7	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	8	108,0	Підшипник хвостовика – 1380,00; Сальник КПП, передній – 394,55; Сальник КПП, задній – 319,53; Трансмісійне мастило, 9л – 2077,65	4171,73
	9	24,0	Свічка накала, 6 шт – 1080,00	1080,00
	10	36,0	Вентилятор пічки – 2880,00; Блок керування автономним обігрівачем – 2115,00	4995,00
	11	7,2	Гофра випускної системи – 4050,00	4050,00
Всього		296,4	Всього	43179,97
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				145,68
3	1	7,2	Гофра випускної системи – 4050,00	4050,00
	2	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
	3	25,2	Підшипник ступиці, 2 шт – 4246,29	4246,29
	4	23,4	Патрубок радіатора, нижній – 887,25; Антифриз, 16л – 4080,00	4967,25
Всього		94,8	Всього	24528,2
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				258,74
4	1	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
	2	10,8	Шпилька колісна, 6 шт – 1354,14	1354,14
	3	23,4	Патрубок радіатора, нижній – 887,25; Антифриз, 16л – 4080,00	4967,25
	4	7,2	Гофра випускної системи – 4050,00	4050,00
	5	36,0	Зчеплення, комплект – 24794,10; Сальник КПП, передній – 394,55	25188,65
	6	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	7	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
Всього		158,4	Всього	58351,9
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				368,38

Продовження таблиці Г.4

1	2	3	4	5
5	1	19,2	Комплект гальмівних колодок, передні, 2 шт – 2375,10	2375,10
	2	27,0	Ремонтний комплект форсунок – 1540,14; Рідина для промивки форсунок – 409,50	1949,64
	3	7,2	Гофра випускної системи – 4050,00	4050,00
	4	25,2	Підшипник ступиці, 2 шт – 4246,29	4246,29
	5	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
	6	10,8	Ремонтний комплект, колісний – 216,15	216,15
	7	33,0	Шестерня головної передачі – 6480,00; Прокладка кришки головної передачі – 322,05; Сальник хвостовика головної передачі – 414,00; Масило головної передачі, 5 л – 1276,88	8492,93
	8	24,0	Втягуюче реле – 2325,00; Щітки стартера – 847,88	3172,88
Всього		185,4	Всього	35767,7
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				192,92
6	1	3,0	Розсіювач фари, лівий – 645,44	645,44
	2	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	3	27,0	Ремонтний комплект ПНВТ – 2232,00; Рідина для промивки форсунок – 409,50	2641,50
	4	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
	5	27,0	Ремонтний комплект форсунок – 1540,14; Рідина для промивки форсунок – 409,50	1949,64
	6	3,0	Лампа ближнього світла – 262,50	262,50
	7	72,0	Редуктор коробки відбору потужності – 3990,00; Трансмісійне мастило, 2л – 461,7	4451,70
	8	39,0	Амортизатор, задній, 2 шт – 4544,70; Пневмобалон, задній, 2 шт – 6720,00	11264,70
Всього		213,0	Всього	32742,68
Вартість ЗЧ і матеріалів, що припадає на 1 год. ремонту, грн./год.				153,72
Середнє по групі				230,18

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Оціночні показники визначення ефективності АТЗ

№ п/п	Показник	Визначення
1	2	3
1	Комплексний показник ефективності E_{Σ}	$E_{\Sigma} = \sum E_j$
2	Ефективність використання пального E_{Π}	$E_{\Pi} = B_{\Pi} / Q_B$
3	Ефективність використання експлуатаційних матеріалів E_{EM}	$E_{EM} = B_{EM} / Q_B$
4	Ефективність використання запасних частин $E_{зч}$	$E_{зч} = B_{зч} / Q_B$
5	Ефективність використання трудомісткості ТО і Р $E_{ТР}$	$E_{ТР} = B_{ТР} / Q_B$
6	Обсяг перевезень Q_B , т	$Q_B = W / L_B$
7	Продуктивність W_P , ткм	$W_P = q \cdot \gamma \cdot l \cdot \beta \cdot n_{\text{ц}}$
8	Пробіг автомобіля з вантажем L_B , км	Задається при умові, що $L_B \leq l$
9	Вантажопідйомність q , кг (л)	Задається згідно технічної характеристики автомобіля
10	Коефіцієнт використання вантажопідйомності γ	Приймається $\gamma = 1$
11	Середня довжина їздки l , км	Задається довжиною маршруту
12	Коефіцієнт використання пробігу β	$\beta = L_B / l$
13	Кількість вантажних циклів за добу $n_{\text{ц}}$	$n_{\text{ц}} = \frac{T_C}{T_B + t_{3-P}}$
14	Час в наряді T_C , год.	Задається
15	Коефіцієнт використання (випуску) автомобіля α	$\alpha = \frac{D_P - D_{\text{ТОР}}}{D_P}$ D_P – кількість робочих днів, дні; $D_{\text{ТОР}}$ – кількість днів в ТО і Р, дні.
16	Дні простою в ТО і Р $D_{\text{ТОР}}$, дні	$D_{\text{ТОР}} = \frac{L_{\text{заг}}}{l_{\text{ТОР}}} \cdot t_{\text{ТОР}}$ $L_{\text{заг}}$ – загальний пробіг автомобіля, км; $l_{\text{ТОР}}$ – відкоректована періодичність виконання ТО і Р, км; $t_{\text{ТОР}}$ – відкоректована середня трудомісткість ТО і Р, люд.год. $l_{\text{ТОР}}$ і $t_{\text{ТОР}}$ задається згідно приписів заводів-виробників або чинних нормативних актів.

Продовження таблиці Д.1

1	2	3
17	Загальний пробіг автомобіля $L_{заг}$, км	$L_{заг} = l \cdot n_{ц} \cdot D_p \cdot \alpha$
18	Час автомобіля в русі T_B , год.	$T_B = \frac{l}{v_T}$
19	Технічна швидкість v_T , км/год	Визначається при моделюванні їздового циклу (див. п.п. 4.1)
20	Час завантажувально-розвантажувальних робіт $t_{з-р}$, год.	$t_{з-р} = t_3 + t_p$ t_3 – час завантаження, с t_p – час розвантаження, $t_3 = t_p$.
21	Витрата палива $B_{п}$, л	$B_{п} = \frac{\sum Q_i}{\sum S_i} \cdot 100$ $\sum Q_i$ – визначається при моделюванні їздового циклу, л; $\sum S_i$ – задається довжиною маршруту при моделюванні їздового циклу, км.
22	Витрата експлуатаційних матеріалів $B_{ЕМ}$, л	$B_{ЕМ} = \frac{L_{заг}}{l_{ТОР}} \cdot n_{ЕМ}$ $n_{ЕМ}$ – середня норма експлуатаційних матеріалів, що потрібна при виконанні одного ТО або Р, л. $n_{ЕМ} = n_{МО} + n_{ТО} + n_{СО} + n_{ПМ}$ $n_{МО}$ – норма моторної оливи, л; $n_{ТО}$ – норма трансмісійної оливи, л; $n_{СО}$ – норма спеціальної оливи, л; $n_{ПМ}$ – норма пластичного мастила, л. $n_{МО}$, $n_{ТО}$, $n_{СО}$ і $n_{ПМ}$ задаються згідно приписів заводів-виробників.
23	Витрата запасних частин $B_{зч}$, од.	$B_{зч} = \frac{L_{заг}}{l_{ТОР}} \cdot n_{зч}$ $n_{зч}$ – середня норма ЗЧ, що потрібна при виконанні одного ТО або Р, од. $n_{зч}$ задається згідно приписів заводів-виробників.
24	Витрата часу на виконання ремонтно-обслуговуючих робіт $B_{ТР}$, люд.год.	$B_{ТР} = D_{ТОР}$

ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 – Порівняння ефективності використання самоскидів

№ п/п	Показник	Автомобіль					
		КамАЗ	КРАЗ	DAF	MAN	Volvo	Еталон
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата часу на виконання ремонтно-обслуговуючих робіт $V_{ТОР}$, люд.год.	16,50	27,00	18,00	19,25	11,60	11,60
2	Норма ЗЧ $n_{ЗЧ}$, од.	7,4	13,9	3,8	1,9	2,6	1,9
3	Витрата запасних частин $V_{ЗЧ}$, од.	102,6	270,4	11,8	5,8	41,1	41,1
4	Норма пластичного мастила $n_{ПМ}$, л	3,9	3,3	7,3	7,3	3,8	3,3
5	Норма спеціальної оливи $n_{СО}$, л	9,7	7,3	13,9	13,9	9,3	7,3
6	Норма трансмісійної оливи $n_{ТО}$, л	2,8	1,9	4,7	4,7	3,7	1,9
7	Норма моторної оливи $n_{МО}$, л	28,0	32,0	35,0	35,0	32,0	28,0
8	Витрата експлуатаційних матеріалів $V_{ЕМ}$, л	617,2	865,8	190,4	188,4	157,0	111,7
9	Витрата пального $V_{П100}$, л/100 км	34,75	38,36	34,90	35,19	36,20	34,75
10	Витрата палива $V_{П}$, л	38568,0	37317,9	38158,2	38076,4	34906,5	33554,7
11	Час завантажувально-розвантажувальних робіт $t_{З-Р}$, год.	0,28	0,32	0,348	0,35	0,52	0,52
12	Технічна швидкість v_T , км/год	35,1	34,8	35,1	34,7	35,1	35,1
13	Час автомобіля в русі T_B , год.	0,899	0,906	0,899	0,909	0,899	0,899
14	Періодичність ТО і Р $I_{ТОР}$, км	8000	5000	35000	35000	30000	35000
15	Загальний пробіг автомобіля $L_{заг}$, км	110987,0	97283,4	109335,9	108202,4	96427,0	96560,4
16	Дні простою в ТО і Р $D_{ТОР}$, дні	19,4	49,8	4,9	5,1	3,6	3,1

Продовження таблиця Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8
17	Коефіцієнт використання (випуску) автомобіля α	0,947	0,864	0,987	0,986	0,990	0,992
18	Час в наряді T_c , год.	12	12	12	12	12	12
19	Кількість вантажних циклів $n_{\text{ц}}$	10	10	10	10	9	9
20	Коефіцієнт використання пробігу β	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
21	Середня довжина їздки l , км	31,544	31,544	31,544	31,544	31,544	31,544
22	Коефіцієнт використання вантажопідйомності γ	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	Вантажопідйомність q , кг	14,0	16,0	17,4	17,5	26,0	26,0
24	Пробіг автомобіля з вантажем L_B , км	16,286	16,286	16,286	16,286	16,286	16,286
25	Продуктивність W_P , ткм	807985,7	809398,4	989271,3	984642,5	1303693,5	1305497,1
26	Обсяг перевезень Q_B , т	49612,2	49699,034	60743,6	60459,4	80049,9	80160,7
27	Ефективність використання трудомісткості ТО і Р E_{TP}	0,00033	0,00054	0,00030	0,00032	0,00014	0,00014
28	Ефективність використання запасних частин $E_{ЗЧ}$	0,00207	0,00544	0,00020	0,00010	0,00051	0,00051
29	Ефективність використання експлуатаційних матеріалів $E_{ЕМ}$	0,01244	0,01742	0,00314	0,00312	0,00196	0,00139
30	Ефективність використання пального $E_{П}$	0,77739	0,75088	0,62818	0,62978	0,43606	0,41859
31	Комплексний показник ефективності E_{Σ}	0,792	0,774	0,632	0,633	0,439	0,421

Таблиця Е.2 – Порівняння ефективності використання міксерів

№ п/п	Показник	Автомобіль				
		МАЗ	КамАЗ	DAF	MAN	Еталон
1	2	3	4	5	6	7
1	Витрата часу на виконання ремонтно-обслуговуючих робіт $V_{ТОР}$, люд.год.	28,10	16,50	18,00	19,25	16,50
2	Норма ЗЧ $n_{ЗЧ}$, од.	7,0	46,0	10,1	7,4	7,0
3	Витрата запасних частин $V_{ЗЧ}$, од.	76,9	647,5	45,4	32,8	41,1
4	Норма пластичного мастила $n_{ПМ}$, л	6,6	4,0	7,3	7,3	4,0
5	Норма спеціальної оливи $n_{СО}$, л	14,5	9,9	11,4	13,9	9,9
6	Норма трансмісійної оливи $n_{ТО}$, л	3,7	2,8	4,7	4,7	2,8
7	Норма моторної оливи $n_{МО}$, л	38,0	36,0	35,0	35,0	35,0
8	Витрата експлуатаційних матеріалів $V_{ЕМ}$, л	691,8	742,9	263,1	270,8	236,4
9	Витрата пального $V_{П100}$, л/100 км	37,80	36,14	37,76	38,04	36,14
10	Витрата палива $V_{П}$, л	41543,1	40697,7	42507,4	42268,2	41322,2
11	Час завантажувально-розвантажувальних робіт $t_{з-р}$, год.	0,248	0,248	0,280	0,310	0,31
12	Технічна швидкість v_T , км/год	34,5	34,9	34,6	35,4	35,4
13	Час автомобіля в русі T_B , год.	0,91	0,90	0,91	0,89	0,89
14	Періодичність ТО і Р $I_{ТОР}$, км	10000	8000	25000	25000	25000
15	Загальний пробіг автомобіля $L_{заг}$, км	109902,5	112611,3	112572,7	111115,2	114339,3
16	Дні простою в ТО і Р $D_{ТОР}$, дні	27,5	22,3	10,6	12,4	6,3
17	Коефіцієнт використання (випуску) автомобіля α	0,925	0,939	0,971	0,966	0,982
18	Час в наряді T_c , год.	12	12	12	12	12
19	Кількість вантажних циклів $n_{ц}$	10	10	10	10	10
20	Коефіцієнт використання пробігу β	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
21	Середня довжина їздки l , км	31,544	31,544	31,544	31,544	31,544
22	Коефіцієнт використання вантажопідйомності γ	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	Вантажопідйомність q , кг	12,4	12,4	14,0	15,5	15,5
24	Пробіг автомобіля з вантажем L_B , км	16,286	16,286	16,286	16,286	16,286

Продовження таблиці Е.2

1	2	3	4	5	6	7
25	Продуктивність W_P , ткм	708651,8	726117,8	819529,8	895589,1	921575,1
26	Обсяг перевезень Q_B , т	43512,9	44585,4	50321,1	54991,3	56586,9
27	Ефективність використання трудомісткості ТО і Р E_{TP}	0,00065	0,00037	0,00036	0,00035	0,00029
28	Ефективність використання запасних частин $E_{ЗЧ}$	0,00177	0,01452	0,00090	0,00060	0,00073
29	Ефективність використання експлуатаційних матеріалів $E_{ЕМ}$	0,01590	0,01666	0,00523	0,00493	0,00418
30	Ефективність використання пального $E_{П}$	0,95473	0,91280	0,84472	0,76863	0,73024
31	Комплексний показник ефективності E_{Σ}	0,973	0,944	0,851	0,775	0,735

Таблиця Е.3 – Визначення і порівняння собівартості використання різних конструкцій самоскидів

№ п/п	Показник	Автомобіль				
		КамАЗ	КРАЗ	DAF	MAN	Volvo
1	2	3	4	5	6	7
1	Середня довжина їздки, км	31,544	31,544	31,544	31,544	31,544
2	Середня експлуатаційна швидкість, км/год	34,8	35,1	35,1	34,7	35,1
3	Час простою під завантаженням-розвантаженням, год	0,28	0,32	0,34	0,35	0,52
4	Тривалість зміни, год	12	12	12	12	12
5	Кількість їздок за зміну, од.	10	10	10	10	8
6	Кількість робочих днів на рік, дні	255	255	255	255	255
7	Норма трудомісткості ТО, год./1000 км	2	5,22	0,5	0,89	0,8
8	Норма трудомісткості ПР, год./1000 км	0,66	0,72	0,33	0,3	0,12
9	Коефіцієнт випуску	0,93	0,84	0,98	0,97	0,98
10	Середньорічний пробіг АТЗ, км	74806,6	67567,2	78828,5	78024,1	63062,8
11	Норма витрати палива, л/100 км	34,75	38,36	34,9	35,19	36,2
12	Вартість 1 л палива, грн/л	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
13	Витрати на пальне, грн	20,07	21,35	20,12	20,22	20,58
14	Витрати на мастильні та експлуатаційні матеріали	1,51	1,6	1,51	1,52	1,54
15	Кількість шин на автомобілі, од.	10	10	10	12	12
16	Середня ринкова вартість шини, грн	6000	6000	7000	7000	7000

Продовження таблиці Е.3

1	2	3	4	5	6	7
17	Норма експлуатаційного пробігу шини, тис.км.	80	50	70	70	80
18	Витрати на шини, грн	0,75	1,2	1	1,2	1,05
19	Середня вартість ЗЧ на ТО, грн/год	514,91	139,5	545,89	618,9	796,8
20	Середня вартість ЗЧ на ПР, грн/год	190,46	105,07	245,10	363,53	463,57
21	Витрати на ЗЧ, грн	1,16	0,8	0,35	0,66	0,69
22	Ставка робітника, грн	320	320	420	420	420
23	Фонд робочого часу робітника, год	199	401,3	65,4	92,8	58
24	Єдиний соціальний внесок, %	22	22	22	22	22
25	Витрати на обслуговуючо-ремонтний персонал, грн	1,04	2,32	0,43	0,61	0,47
26	Середньомісячна зарплата водія, грн	12000	12000	12000	12000	12000
27	Фонд робочого часу водія, год	2040	2040	2040	2040	2040
28	Витрати на заробітну плату водіїв, грн	2,82	2,8	2,8	2,83	2,8
29	Первісна вартість АТЗ, грн	621000	698975	1205000	1637727	2112250
30	Річна сума амортизації, грн	111780	125815,5	216900	294790,9	380205
31	Витрати на амортизацію АТЗ, грн	1,49	1,86	2,75	3,78	6,03
32	Загальні витрати на виробництво, грн/км	28,84	31,93	28,96	30,82	33,16
33	Вантажопідйомність автомобіля, т	14	16	17,4	17,5	26
34	Загальні витрати на виробництво, грн/ткм	2,06	2,00	1,66	1,76	1,28

Таблиця Е.4 – Визначення і порівняння собівартості використання різних конструкцій міксерів

№ п/п	Показник	Автомобіль			
		МАЗ	КамАЗ	DAF	MAN
1	2	3	4	5	6
1	Середня довжина їздки, км	31,544	31,544	31,544	31,544
2	Середня експлуатаційна швидкість, км/год	34,5	34,9	34,6	35,4
3	Час простою під завантаженням-розвантаженням, год	0,14	0,24	0,24	0,32
4	Тривалість зміни, год	12	12	12	12
5	Кількість їздок за зміну, од.	11	10	10	10
6	Кількість робочих днів на рік, дні	255	255	255	255
7	Норма трудомісткості ТО, год./1000 км	2,7	2	0,83	0,74
8	Норма трудомісткості ПР, год./1000 км	0,5	0,7	0,3	0,2

Продовження таблиці Е.4

1	2	3	4	5	6
9	Коефіцієнт випуску	0,91	0,93	0,97	0,98
10	Середньорічний пробіг АТЗ, км	80517,6	74806,6	78024,1	78828,5
11	Норма витрати палива, л/100 км	37	36,14	37,76	38,04
12	Вартість 1 л палива, грн/л	29,5	29,5	29,5	29,5
13	Витрати на пальне, грн	20,87	20,56	21,14	21,24
14	Витрати на мастильні та експлуатаційні матеріали	1,57	1,54	1,59	1,59
15	Кількість шин на автомобілі, од.	10	10	10	12
16	Середня ринкова вартість шини, грн	6000	6000	7000	7000
17	Норма експлуатаційного пробігу шини, тис.км.	75	80	70	70
18	Витрати на шини, грн	0,8	0,75	1	1,2
19	Середня вартість ЗЧ на ТО, грн/год	327,2	514,91	545,89	618,9
20	Середня вартість ЗЧ на ПР, грн/год	147,76	108,80	230,18	365,53
21	Витрати на ЗЧ, грн	0,96	1,11	0,52	0,53
22	Ставка робітника, грн	320	320	420	420
23	Фонд робочого часу робітника, год	257,7	202	88,2	74,1
24	Єдиний соціальний внесок, %	22	22	22	22
25	Витрати на обслуговуючо-ремонтний персонал, грн	1,25	1,05	0,58	0,48
26	Середньомісячна зарплата водія, грн	12000	12000	12000	12000
27	Фонд робочого часу водія, год	2040	2040	2040	2040
28	Витрати на заробітну плату водіїв, грн	2,85	2,81	2,84	2,77
29	Первісна вартість АТЗ, грн	1093400	659725	1965600	2866500
30	Річна сума амортизації, грн	174944	105556	314496	458640
31	Витрати на амортизацію АТЗ, грн	2,17	1,41	4,03	5,82
32	Загальні витрати на виробництво, грн/км	30,47	29,23	31,7	33,63
33	Вантажопідйомність автомобіля, т	12,4	12,4	14	15,5
34	Загальні витрати на виробництво, грн/ткм	2,46	2,36	2,26	2,17

ДОДАТОК Ж

Таблиця Ж.1 – Технічна характеристика автомобілів-самоскидів, що приймають участь в моделюванні

№ п/п	Технічна характеристика	Значення для автомобіля				
		КрАЗ 65055	КамАЗ 53229	DAF 85 CF-380	MAN TGA 35.360 8x4	Volvo FM 8x4 R
1	Тип двигуна	Дизельний V8	Дизельний V8	Дизельний P6	Дизельний P6	Дизельний P6
2	Робочий об'єм двигуна, л ³	14,86	10,85	12,60	12,60	12,80
3	Максимальна потужність двигуна кВт, при хв ⁻¹	243 (2100)	191 (2100)	280 (1900)	265 (1900)	309 (1600 - 1800)
4	Максимальний крутний момент двигуна Нм, при хв ⁻¹	1225 (1200 - 1400)	1078 (1100 - 1300)	1750 (1000 - 1400)	1700 (1000 - 1400)	2200 (1000 - 1400)
5	Передаточні числа коробки передач:					
	I-передача	7,73	7,82	13,85	14,12	6,154
	II-передача	5,52	6,38	11,59	11,68	4,269
	III-передача	3,94	4,03	9,62	9,54	2,408
	IV-передача	2,80	3,29	8,05	7,89	1,675
	V-передача	1,96	2,5	6,83	6,52	1,322
	VI-передача	1,39	2,04	5,72	5,39	1,000
	VII-передача	1,00	1,53	4,60	4,57	
	VIII-передача	0,71	1,25	3,85	3,78	
	IX-передача		1,00	3,01	3,09	
	X-передача		0,815	2,52	2,56	
	XI-передача			2,09	2,09	
	XII-передача			1,75	1,73	
	XIII-передача			1,49	1,43	
	XIV-передача			1,24	1,18	
	XV-передача			1,00	1,00	
	XVI-передача			0,84	0,84	
6	Передаточне число головної передачі	6,154	5,94	4,88	5,13	5,41
7	Шини	12.00R20	11.00R20	13.00R22.5	12.00R22.5	12.00R22.5
8	Споряджена маса, т	12,30	11,05	14,00	14,52	16,00
9	Повна маса, т	30,30	25,20	31,50	32,00	42,00
10	Габаритна висота, мм	2800	2850	3460	3500	3300
11	Габаритна ширина, мм	2500	2500	2490	2500	2470
12	Максимальна швидкість, км/год	90	80	85	94	89
13	Витрата пального при швидкості 60 км/год., л/100 км	35,0	31,8	32,0	32,2	33,1

Таблиця Ж.2 – Технічна характеристика автомобілів-міксерів, що приймають участь в моделюванні.

№ п/п	Технічна характеристика	Значення для автомобіля			
		МАЗ 630303	КамАЗ 53229	DAF 85 CF-380	MAN TGA 35.360 8x4
1	Тип двигуна	Дизельний V8	Дизельний V8	Дизельний P6	Дизельний P6
2	Робочий об'єм двигуна, л ³	14,86	10,85	12,60	12,60
3	Максимальна потужність двигуна кВт, при хв ⁻¹	243 (2100)	191 (2100)	280 (1900)	265 (1900)
4	Максимальний крутний момент двигуна Нм, при хв ⁻¹	1225 (1200 - 1400)	1078 (1100)	1750 (1000 - 1400)	1700 (1000 - 1400)
5	Передаточні числа коробки передач:				
	I-передача	7,30	7,82	13,85	14,12
	II-передача	4,86	6,38	11,59	11,68
	III-передача	3,50	4,03	9,62	9,54
	IV-передача	2,48	3,29	8,05	7,89
	V-передача	2,09	2,5	6,83	6,52
	VI-передача	1,39	2,04	5,72	5,39
	VII-передача	1,00	1,53	4,60	4,57
	VIII-передача	0,71	1,25	3,85	3,78
	IX-передача		1,00	3,01	3,09
	X-передача		0,815	2,52	2,56
	XI-передача			2,09	2,09
	XII-передача			1,75	1,73
	XIII-передача			1,49	1,43
	XIV-передача			1,24	1,18
	XV-передача			1,00	1,00
	XVI-передача			0,84	0,84
6	Передаточне число головної передачі	5,49	5,94	4,88	5,13
7	Шини	12.00R20	11.00R20	13.00R22.5	12.00R22.5
8	Споряджена маса, т	17,42	11,60	17,50	14,52
9	Повна маса	29,82	24,00	28,50	32,00
10	Габаритна висота, мм	3690	3600	3460	3490
11	Габаритна ширина, мм	2500	2500	2490	2350
12	Максимальна швидкість, км/год	100	80	85	94
13	Витрата пального при швидкості 60 км/год., л/100 км (при роботі міксера)	31,8 (35,8)	30,5 (35,5)	33,0 (36,0)	33,2 (36,3)

ДОДАТОК К

Таблиця К.1 – Характеристика маршруту для моделювання їздового циклу.
Стан автомобіля – завантажений.

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Ухил дороги, %	Радіус повороту, м	Максимальна допустима швидкість, км/год
1	2	3	4	5
1	50	0	0	50
2	46	0	14	50
3	50	0	0	50
4	зупинка			
5	681	0	0	50
6	85	0	136	40
7	104	0	0	40
8	131	0	140	50
9	18	0	30	50
10	130	0	0	50
11	97	-0,02	30	50
12	22	-0,03	0	50
13	94	-0,04	30	50
14	180	-0,025	0	60
15	255	0,025	0	60
16	720	0	0	60
17	470	0,02	0	50
18	41	0	65	50
19	27	0	0	50
20	41	-0,025	65	50
21	262	-0,025	0	50
22	367	-0,01	0	50
23	834	0	0	50
24	533	0,01	0	50
25	184	0	0	40
26	891	0	0	50
27	402	0	0	40
28	490	0	0	50
29	626	-0,01	0	50
30	50	0	160	50
31	211	0	0	50
32	29	0	46	50
33	260	-0,01	0	50
34	24	0	15	40
35	211	0	45	40
36	771	0	0	50
37	141	0	90	40
38	107	0	34	40
39	137	0	0	50
40	40	0	64	50
41	380	0	0	50
42	132	0,01	210	50
43	316	0,01	0	50

Продовження таблиці К.1

1	2	3	4	5
44	234	0	214	50
45	854	0	0	50
46	157	0,03	500	50
47	35	0	0	50
48	585	0	207	50
49	85	0	0	50
50	162	0	103	50
51	523	0	0	50
52	71	0	113	50
53	96	0,025	0	50
54	303	0,04	216	50
55	616	0	0	50
56	156	-0,02	248	50
57	198	-0,04	0	50
58	114	0,035	0	50
59	167	0	0	50
60	68	0	36	40
61	201	0,02	160	40
62	544	0	0	40
63	65	0	52	50
64	162	0	43	50
65	180	0	0	50
66	36	0	23	50
67	34	0	0	50
68	зупинка			

Таблиця К.2 – Характеристика маршруту для моделювання їздового циклу.

Стан автомобіля – порожній

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Ухил дороги, %	Радіус повороту, м	Максимальна допустима швидкість, км/год
1	2	3	4	5
1	34	0	0	50
2	79	0	25	50
3	200	0	0	50
4	79	0	25	50
5	45	0	0	50
6	36	0	23	50
7	180	0	0	50
8	182	0	145	40
9	444	0	0	40
10	162	0	43	50
11	163	0	52	50
12	201	-0,02	160	40
13	68	0	36	40
14	167	0	0	50
15	114	-0,035	0	50

Продовження таблиці К.2

1	2	3	4	5
16	198	0,04	0	50
17	156	0,02	248	50
18	616	0	0	50
19	203	-0,04	216	50
20	96	-0,025	0	50
21	71	0	113	50
22	423	0	0	50
23	162	0	103	50
24	85	0	0	50
25	585	0	207	50
26	35	0	0	50
27	157	-0,03	500	50
28	648	0	0	50
29	134	0	214	50
30	216	-0,01	0	50
31	132	-0,01	210	50
32	795	0	0	50
33	24	0	15	40
34	71	0	45	40
35	24	0	15	50
36	260	0,01	0	50
37	29	0	46	50
38	211	0	0	50
39	50	0	160	50
40	626	0,01	0	50
41	490	0	0	50
42	402	0	0	40
43	891	0	0	50
44	184	0	0	40
45	533	-0,01	0	50
46	834	0	0	50
47	317	0,01	0	50
48	40	0,025	65	50
49	113	0	40	40
50	479	-0,02	0	50
51	520	0	0	60
52	255	-0,025	0	60
53	163	0,025	0	60
54	110	0,03	35	50
55	133	0	0	50
56	94	0	30	50
57	235	0	0	50
58	48	0	77	50
59	104	0	0	40
60	85	0	136	40
61	731	0	0	50
62	286	0	0	50
63	зупинка			
64	50	0	0	50
65	зупинка			

ДОДАТОК Л

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 samochodnogo. 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, C. 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.

ПП АП «СІМЕКС»
Київ, 03022, вул. Кайсарова, буд 7/9.

Тел./факс: (03633) 2 66 53
Тел./моб: +38(098) 0537684

ДОВІДКА

про використання результатів наукової роботи на здобуття ступеня
доктор філософії за напрямом «Автомобільний транспорт»
Іванушка Олександра Миколайовича
на тему «Підвищення ефективності використання автотransпортних засобів
шляхом оптимізації періодичності технічного обслуговування»

На основі матеріалів досліджень Іванушка О.М., про ефективність використання існуючої системи технічного обслуговування і ремонту автотransпортних засобів за теперішніх умов експлуатації свідчать про доцільність переходу до нових методик прогнозування моменту виконання планових робіт технічного обслуговування з метою запобігання виникнення відмов.

Заслужують на увагу матеріали досліджень по вибору оптимальної конструкції автотransпортного засобу, що дозволяє виконати підбір автомобіля під певні задачі і умови експлуатації, а також про вплив експлуатаційних чинників на технічний стан автомобілів, що дозволяють удосконалити роботу виробничо-експлуатаційних підрозділів автотransпортного підприємства.

В зв'язку з цим, було прийнято рішення про використання підприємством наступних результатів:

- методику коригування періодичності технічного обслуговування на основі статистичної інформації про роботу автотransпортного засобу;
- методику визначення і порівняння ефективності автотransпортних засобів для вибору оптимальної конструкції;
- рекомендації щодо експлуатації автотransпортних засобів для поліпшення роботи виробничо-експлуатаційних підрозділів підприємства.

Генеральний директор



Полінська І.В.

ТзОВ «ЗІМС»

офіс 314, буд. 3, вул. Єршова,
м. Луцьк, Україна, 43023
тел./факс +38 0332 78 00 79

ZIMS
DAIRY INGREDIENTS MANUFACTURER



ZIMS Ltd

office 314, bld. 3, Yershova str.
Lutsk, Ukraine, 43023
tel/fax +38 0332 78 00 79

ДОВІДКА

про використання результатів наукової роботи

Іванушка Олександра Миколайовича

на тему «Підвищення ефективності використання автотранспортних засобів
шляхом оптимізації періодичності технічного обслуговування»

Представлені матеріали досліджень Іванушка О.М., в області технічної експлуатації автомобілі, дають можливість підвищити ефективність використання автотранспортних засобів через коригування періодичності виконання запланованих технічних обслуговувань на основі розробленої автором методики, що дозволяє забезпечити більш високий рівень безвідмовної роботи та економію ресурсів по усуненню несправностей. Також представлено перелік рекомендацій по поліпшенню ефективності використання автомобілів, зокрема підбору їхньої конструкції для виконання поставлених виробництвом задач.

В зв'язку з цим, було прийнято рішення про використання підприємством наступних результатів досліджень:

- методику коригування періодичності технічного обслуговування автомобілів;
- методику визначення і порівняння ефективності використання конструкції автомобіля;
- рекомендації щодо експлуатації автомобілів для поліпшення їхньої роботи.

Директор



Шевчук І.

008020



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул.М.Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010 т.ф. +38 (044) 280 82 03, т. +38 (044) 280 87 65
e-mail: general@ntu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070915

05.06.2019 № 1142/05

на № _____

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційної роботи
Іванушка Олександра Миколайовича

Основні матеріали дисертаційної роботи Іванушка О.М. на тему «Підвищення ефективності використання автотранспортних засобів шляхом оптимізації періодичності технічного обслуговування» використовуються при підготовці фахівців за спеціальністю «Автомобільний транспорт» безпосередньо при вивченні дисциплін «Технічна експлуатація автомобілів» та «Математичне моделювання технологічних процесів». Зокрема, використовуються:

- методику експериментального дослідження потоку відмов автомобілів КрАЗ 65055, КамАЗ 53229, МАЗ 630303, DAF 85 CF-380, MAN TGA 35.360 8x4, Volvo FM 8x4 R і характер їх виникнення;
- методику експериментального дослідження дії зовнішніх і внутрішніх чинників на технічний стан автотранспортних засобів;
- методику експериментального дослідження впливу періодичності технічного обслуговування на рівень безвідмовної роботи;
- методику корегування періодичності технічного обслуговування з метою запобігання виникнення великої частини відмов;
- методику визначення і порівняння ефективності автотранспортних засобів для вибору оптимальної конструкції;
- математичну модель формування транспортних процесів і виникнення відмов на автомобільному транспорті.

Проректор з навчальної роботи,
професор



О. К. Гришук