

Индекс УДК публикации 629.4.016

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И КОРРЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТО АВТОМОБИЛЕЙ

Боровиков. А.В.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Высшая инженерная школа (163000, Архангельск, наб. Северной Двины, 17),

e-mail: sanya.borovikov@yandex.ru

Аннотация. Автотранспорт, как элемент производственной инфраструктуры экономики нашей страны очень важен, потому что без его участия не происходит ни один вид хозяйственной деятельности. В условиях рынка эффективность работы автотранспорта увеличивается за счёт роста объёма перевозок. Основными преимуществами автотранспорта являются большая маневренность, провозная способность, скорость доставки грузов и пассажиров и меньшая себестоимость перевозок на небольшие расстояния по сравнению с другими видами транспорта. Повышение надёжности автомобилей и снижение затрат на их содержание составляет одну из сложных проблем. Поэтому задача, стоящая перед любым автотранспортным предприятием – это снижение затрат на работу автотранспорта, что возможно при правильной организации ТО (технического обслуживания) и ТР (технического ремонта). В данной статье приведена разработка технологического процесса ТО и системы питания двигателя МАЗ-5336. Также произведен расчёт оценки показателей надёжности (вероятность безотказной работы, наработка на отказ, ресурс, срок службы и др.) для автомобиля МАЗ-5336. Для их оценки применялись методы теории вероятностей и математической статистики. Эмпирические распределения могут иметь любую (произвольную) форму, которую трудно описать какой-либо аналитической зависимостью. Теоретические же законы имеют конкретное математическое выражение и достаточно хорошо обоснованы. Поэтому задача исследователя состоит в том, чтобы подобрать к полученному из опытного материала эмпирическому распределению одно из известных теоретических распределений. При оценке надёжности машин наиболее часто встречаются распределения вида: нормального (Гаусса), логарифмически-нормального, Вейбулла, экспоненциального и др.

Ключевые слова: технико-экономические показатели, технологический процесс ТО, техническое обслуживание, автомобиль, технический ремонт, система питания двигателя МАЗ-5336, оценка показателей надёжности, обслуживание ТНВД, обслуживание форсунок

TECHNO-ECONOMIC PERFORMANCE AND ADJUSTMENT MODES, CARS

Borovikov. A. V.

The Northern (Arctic) Federal University. M. V. Lomonosov, higher engineering school (163000, Arkhangelsk, Severnaya Dvina emb, 17),

e-mail: sanya.borovikov@yandex.ru

Motor transport, as an element of the production infrastructure of the economy of our country is very important, because without its participation there is no economic activity. In market conditions, the efficiency of vehicles increases due to the growth of traffic. The main advantages of vehicles are greater maneuverability, carrying capacity, speed of delivery of goods and passengers and lower cost of transportation over short distances compared to other modes of transport. Improving the reliability of cars and reducing the cost of their maintenance is one of the most difficult problems. Therefore, the task facing any road transport company is to reduce the cost of motor transport, which is possible with the proper organization of MAINTENANCE (maintenance) and TR (technical repair). This article presents the development of the technological process and THE power supply system of the MAZ-5336 engine. Also, the calculation of reliability indicators (probability of failure-free operation, time between failures, resource, service life, etc.) for the MAZ-5336 car was made. Methods of probability theory and mathematical statistics were used for their evaluation. Empirical distributions can have any (arbitrary) form that is difficult to describe by any analytical dependence. Theoretical laws have a specific mathematical expression and are well grounded. Therefore, the task of the researcher is to choose one of the known theoretical distributions to the empirical distribution obtained from the experimental material. When assessing the reliability of machines, the most common distributions of the form: normal (Gauss), log-normal, Weibull, exponential, etc.

The key words: technical and economic indicators, process MAINTENANCE, maintenance, car, repair, engine power system MAZ-5336, evaluation of reliability, maintenance of injection pump, maintenance of injectors

Разработка ТП ТО системы питания двигателя автомобиля маз-5336:

Своевременное и квалифицированное проведение ТО обеспечивает надёжную работу и длительный срок службы двигателя и топливной аппаратуры двигателя ЯМЗ-6562.10. Выполнение работ по ТО проводится обязательно в строго установленные сроки в течение всего периода эксплуатации, поскольку они обеспечивают профилактику. Обслуживание топливной аппаратуры необходимо проводить с макс. чистотой и тщательностью [1].

В таблице 1 представлен перечень работ по ТО-1,2 и СО системы питания двигателя ЯМЗ автомобиля МАЗ – 5336 [1,2].

Таблица 1. Перечень работ ТО-1, 2 и СО системы питания двигателя ЯМЗ

№	Операция ТО	Приспособления и инструмент
ТО-1		
1	Проверить осмотром состояние приборов системы питания, герметичность соединений трубопроводов и при необходимости устранить неисправности.	Ключи гаечные (КГ) 12x12, 17x19, пассатижи, отвертка
2	Проверить исправность и действие механизма управления подачей топлива, привода останова двигателя и включения моторного тормоза.	Ключи гаечные (КГ) 10x12, 12x13, 13x17, 19x22, отвертка, пассатижи
ТО-2		
1	Через одно ТО-2 проверить и при необходимости отрегулировать угол опережения впрыска топлива	Головка сменная (ГС) 12, вороток
2	Через одно ТО-2 снять форсунки с двигателя, проверить их работу на стенде и отрегулировать	КГ 17x29, ГС 13 и 17, вороток, ключ спец. для форсунок
СО		
1	Один раз в год снять топливный насос высокого давления с двигателя, проверить его на стекле и при необходимости отрегулировать	КГ 17x19, 14x17, головка сменная 12, вороток, отвертка, стенд для регулировки насоса

Периодичность обслуживания ТА: Первое обслуживание форсунок проводится через 250 часов работы с начала эксплуатации двигателя. Первая проверка ТНВД и при необходимости, его подрегулировка проводится по окончании ГС двигателя. В дальнейшем обслуживание форсунок и проверка ТНВД проводится через каждые 1000 часов работы.

Обслуживание ТНВД: Испытания ТНВД проводятся на профильтрованном ДТ марки Л или ТЖ, состоящей из его смеси с индустриальным маслом с авиационным маслом или осветительным керосином с вязкостью 5-6 мм²/с (сС'т) при t (20 ± 0,5) °С [1,3].

Перед началом регулировки масляная полость ТНВД промывается чистым ДТ и заполняется свежим маслом до уровня отверстия отвода масла. На время работы данное отверстие заглушается. Проверяется отсутствие осевого зазора кулачкового вала.

Проверка и регулировка ТНВД производится со стендовым или рабочим комплектом форсунок С 273М отрегулированных на давление впрыскивания 28±0,6 Мпа. Каждая форсунка должна быть закреплена за соответствующей секцией ТНВД, и устанавливаться в том цилиндре двигателя, который соединен с данной секцией. Регулировка ТНВД с ЭСУ

производится на регулировочном стенде, оснащённом блоком настройки сервисным, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Перед проверкой и регулировкой ТНВД необходимо проверить герметичность: системы низкого давления и масляной полости, а также соединений ТНВД.

При проверке ТНВД контролируются:

1) Геометрическое начало нагнетания топлива секциями ТНВД: ННТ 1 секцией ТНВД должно соответствовать подъёму толкателя этой секции от его нижнего положения на величину $(6,0 \pm 0,05)$ мм. Величина подъёма толкателя измеряется прибором Т9590-27.

2) Величина и неравномерность подачи топлива по секциям ТНВД: Для этого необходимо: проверить величину давление начала открытия нагнетательных клапанов; величину давления топлива в магистрали на входе в ТНВД; наличие запаса хода рейки на выключение подачи топлива относительно ее хода, ограниченного упором электромагнита ЭИМ. Необходимо проверить при полностью нажатой педали управления ЧВ кулачкового вала ТНВД. Также необходимо проверить, и при необходимости отрегулировать со стендовым комплектом форсунок, СЦПТ и неравномерность подачи топлива по секциям, соответствующие данным таблицы 2.

Таблица 2. Сред. цикловая подача топлива и неравномерность подачи Т по секциям.

ТНВД с ЭСУ	ЧВ кулачкового вала, мин ⁻¹ , ± 5	СЦПТ секциями ТНВД, мм ³ /цикл	Неравномерность подачи по секциям ТНВД, % не >
При полностью отпущенной педали педального модуля			
Все ТНЗД Модели 136	80	210-240	-
	270	50-100	-
	300	20-25	40
При полностью нажатой педали педального модуля			
136.2-10	950	280±3	8
136.2-20		225±3	
136.2-30		204±3	
136.2-40			

Обслуживание топливopодкачивающего насоса: ТПН необходимо проверять при обслуживании ТНВД на регулировочном стенде. Для проверки герметичности подаётся сжатый воздух под дав. 0,4 МПа во всасывающий топливопровод. При полностью перекрытом нагнетательном топливопроводе не допускаются утечки воздуха в течение 3 мин. При ЧВ КВ ТНВД (1050 ± 10) мин⁻¹ объёмная топливоподача ТНП должна быть не < 2,2 л/мин. При полностью перекр. НТ мах. давление должно быть не < 0,392 Мпа. При полностью перекр. сечении ВТ разрежение должно быть не < 0,051 Мпа. При невыполненных этих требованиях разбирается ТНП и заменяются износившиеся детали и пластмассовые клапаны [1,2].

Обслуживание форсунок: При обслуживании регулируется величина давления начала впрыскивания у каждой форсунки на $29,4^{+0,8}$ Мпа на стенде типа КИ 3333. Проверяется

герметичность распылителя по запирающему конусу иглы и отсутствие течей в местах уплотнений топлива провода высокого давления. При подтекании топлива по конусу или заедании иглы распылитель в сборе заменяется. При закоксовке или засорении одного или нескольких распиливающих отверстий распылителя разбирается форсунка и её детали прочищаются в чистом бензине или ДТ [1,2].

Разборка форсунки 204-50-10, 267-21, или 204А-50-10: отворачивается колпак форсунки и контргайка, вывёртывается до упора регулировочный винт. После отворачивается гайка пружины на 1,5-2 оборота и гайка распылителя и снимается распылитель, предохранив иглу от выпадения. Сборка форсунки производится в порядке, обратном разборке. После сборки форсунки регулируется давление начала впрыскивания и проверяется качество распыливания топлива.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Задача №1: 1. Определить изменение коэффициента технической готовности ат при переходе из 2 в 1 категорию условий эксплуатации при неизменном пробеге l_{cc} . Автомобили работают в зоне холодного климата. 2. Насколько изменится коэффициент использования парка автомобилей аи, если АТП вместо 253 дней стало работать 357 дней в году при среднесуточном пробеге l_{cc} ?

Дано: Среднесуточный пробег $l_{cc}=320$ км.

Решение:

1) Коэффициент технической готовности (КТГ) ат определяет долю календарного времени, в течении которого автомобиль находится в работоспособном состоянии и может осуществлять транспортную работу [4].

Он рассчитывается по формуле: $A_T=1/(1+D_{рц}/D_{эц})$ (1)

Где $D_{рц}$ – число дней простоя автомобиля в ремонте за цикл; $D_{эц}$ – число дней эксплуатации автомобиля за цикл.

Продолжительность эксплуатационного цикла в днях $D_{эц}$ зависит от планируемого пробега или наработки за цикл L_K и среднесуточного пробега l_{cc} : $D_{эц}=L_K/l_{cc}$ (2)

Где L_K – пробег до капитального ремонта, $L_K=320$ тыс. км.

Простой на ТО и Р за цикл $D_{рц}$ складыв. из П в КР и П на ТО и ТР: $D_{рц}=D_{КР}+D_{ТР,ТО}$ (3)

Где $D_{КР}$ – число дней простоя в капитальном ремонте, $D_{КР}= 22$, $D_{ТР,ТО}$ – число дней простоя на ТО и ТР [5].

Простой в ТО и ТР нормируется в виде удельной нормы $d_{ТР}$ в днях на 1000 км пробега. $d_{ТР}= 0,5$ дней/1000 км [3]. Таким образом $D_{ТР,ТО}= d_{ТР}L_K/1000$ (4)

Скорректированный пробег до КР для i -ой категории эксплуатации L_K^i рассчитываем по формуле: $L_K^i = L_K K_1 K_2 K_3$ (5)

Где K_1 – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации; K_2 – ККН в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы; K_3 – ККН в зависимости от природно-климатических условий.

Для 2-ой категории эксплуатации $K_1=0,9$; $K_2=0,9$; $K_3=0,8$.

Зная все необходимые данные, рассчитываем КТГ для первой категории эксплуатации. $L^2_K=320000*0,9*0,9*0,8=207360$ км; $D_{гр,ТО} = 0,5*207360/1000=104$ дня.

$D_{рц} = 22+104 = 126$ дней; $D_{эц} = 207360/320 = 648$ дней; $a^2_T=1/1+(126/648) = 0,837$.

Подобным образом рассчитываем КТГ для 1-й категории эксплуатации. Мы получили значение $a^1_T=0,84$. Теперь, рассчитаем изменение КТГ при переходе из 2 в 1 категорию условий эксплуатации: $\Delta a_T = a^1_T - a^2_T$ (6)

$\Delta a_T = 0,84-0,837 = 0,003$.

2) Коэффиц. использ. парка авто. определяется по формуле: $a_i = (D_{рг}/365)*a_T$ (7)

Где $D_{рг}$ – число дней работы предприятия в году.

Коэффициент использования парка для 2 категории условий эксплуатации при 253 рабочих днях: $a^2_{и} = (253/365)*0,837 = 0,580$. Коэффициент использования парка для 1 категории условий эксплуатации при 253 рабочих днях: $a^1_{и} = (253/365)*0,84 = 0,582$. Коэффициент использования парка для 2 категории условий эксплуатации при 357 рабочих днях: $a^2_{и} = (357/365)*0,837 = 0,819$. Коэффициент использования парка для 1 категории условий эксплуатации при 357 рабочих днях: $a^1_{и} = (357/365)*0,84 = 0,821$.

Рассчитываем изменение КТГ: $\Delta a^2_T = 0,819-0,58 = 0,239$; $\Delta a^1_T = 0,821-0,582 = 0,239$;

Ответ: 1. $\Delta a^2_T = 0,003$. 2. $\Delta a^2_{и} = 0,239$; $\Delta a^1_{и} = 0,239$;

Задача №2. 1. Представить в виде таблицы и графика зависимости a_T от удельного простоя в ТО и Р V_p при изменении его интервала 0,2-0,6 дней на 1000 км пробега и от средней эксплуатационной скорости $v_э$ в интервале 10-60 км/ч. Время нахождения в наряде T_n . 2. На сколько процентов необходимо сократить удельный простой автомобилей в ТО и Р при увеличении $v_э$ в два раза (с 20 до 40 км/ч), чтобы сохранить значение a_T на уровне 0,85?

Дано: Время пребывания в наряде $T_n = 18$ ч.

Решение:

1) Расчет зависимости КТГ a_T от удельного простоя в ТО и Р V_p и от средней эксплуатационной скорости $v_э$ будем производить по формуле: $a_T=1/(1+V_p*v_э*T_n)$ (8)

Пример расчета при $V_p = 0,2$ дней/1000 км и $v_э = 10$ км/ч: $a_T=1/(1+(0,2/1000)*10*18) = 0,965$. Остальные значения рассчитываются аналогично, и результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость КТГ от удельного простоя и эксплуатационной скорости

Удельн. простой в ТО и Р, V_p , дн/1000 км	Ср. эксплуатационная скорость, $V_э$, км/ч
--	---

	10	20	30	40	50	60
0,2	0,965	0,933	0,902	0,874	0,847	0,822
0,3	0,948	0,902	0,860	0,822	0,787	0,755
0,4	0,933	0,874	0,822	0,776	0,735	0,698
0,5	0,917	0,847	0,787	0,735	0,689	0,649
0,6	0,902	0,822	0,755	0,698	0,649	0,607

Зависимость коэффициента технической готовности от удельного простоя в ТО и Р и от средней эксплуатационной скорости представлена на рисунке 1.

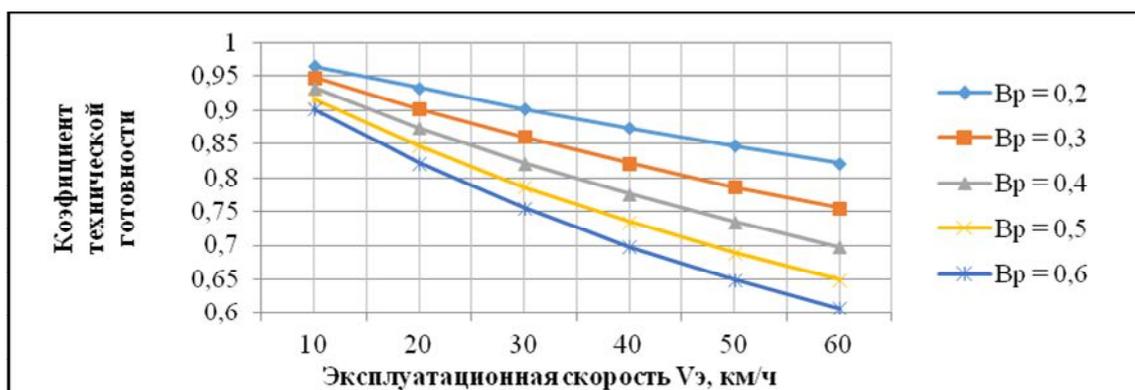


Рисунок 1. Зависимость КТГ от удельного простоя и эксплуатационной скорости

2) Для того, чтобы узнать на сколько процентов необходимо сократить удельный простой автомобилей в ТО и ремонте при увеличении эксплуатационной скорости в два раза (с 20 до 40 км/ч) с сохранением значения ат на уровне 0,85 необходимо выразить из формулы 8 удельный простой в ТО и Р $V_p = 1 - a_T / a_T \cdot v_{\text{э}} \cdot T_n$ (9)

Зная величину КТГ $a_T = 0,85$ и скоростей $v_{\text{э}}^1 = 20$ км/ч и $v_{\text{э}}^2 = 40$ км/ч, произведем расчёт:

$$V_p^1 = 1 - 0,85 / 0,85 \cdot 20 \cdot 18 = 0,49; \quad V_p^2 = 1 - 0,85 / 0,85 \cdot 40 \cdot 18 = 0,245.$$

Рассчитаем необходимый нам процент по следующему выражению:

$$V_p^2 / V_p^1 \cdot 100\% = (0,245 / 0,49) \cdot 100\% = 50\%.$$

Ответ: для того, чтобы сохранить значение КТГ на уровне 0,85, при изменении эксплуатационной скорости с 20 до 40 км/ч, удельный простой в ТО и Р необходимо сократить на 50%.

Задача №3. 1. Определить периодичность ТО (принудительных замен узла, деталей) по допустимому уровню безотказности при коэффициенте вариации ресурса V и среднем квадратическом отклонении. 2. Как определить рациональную периодичность ТО автомобиля технико-экономическим методом?

Дано: Средняя наработка на отказ $\bar{X} = 24$ тыс. км. Среднее квадратическое отклонение $\sigma = 3,5$ тыс. км. Допустимый уровень безотказности $R_d = 0,80$.

Решение:

1) Оптимальная периодичность l_0 определяется по формуле: $l_0 = \beta X$, (9)

где β – коэффициент рациональной периодичности, учитывающий величину и характер вариации наработки $V = \frac{\sigma}{\bar{X}}$, а также принятую допуст. вероятность безотказной работы R_d .
 $V = 3,5/24 = 0,146$.

Принимаем минимальное значение $V = 0,2$. Для известного значения V и допустимого уровня безотказности R_d определяем значения коэффициента периодичности по таблице 11 [6], принимаем $\beta = 0,84$. $l_0 = 0,84 * 24000 = 20160$ км.

2) Техничко-экономический метод сводится к определению суммарных удельных затрат на ТО и ремонт, и их последующей минимизацией. Минимум затрат соответствует оптимальной периодичности технологического обслуживания – l_0 . Удельные затраты на ТО определяются по формуле: $C_I = d/l$ (10)

Где l – периодичность ТО; d – стоимость выполнения операции ТО.

При увеличении периодичности, разовые затраты на ТО (d) или остаются постоянными, или незначительно возрастают, а удельные затраты значительно сокращаются. Увеличение периодичности ТО, как правило, приводит к сокращению ресурса детали или агрегата и росту удельных затрат на ремонт: $C_{II} = C/L$ (11)

Где C – затраты на ремонт; L – ресурс до ремонта.

Выражение $C_{\Sigma} = C_I + C_{II}$ является целевой функцией, экстремальное значение которой соответствует оптимальному ремню. В данном случае оптимальное решение соответствует минимуму удельных затрат. Определение целевой функции и оптимального значения периодичности ТО проводится графически (рисунок 2) или аналитически, в том случае если известны зависимости $C_I = f(l)$ и $C_{II} = \Psi(l)$.

Если при назначении уровня риска учитывать потери, связанные с дорожными происшествиями то технико-экономический метод, примем для определения оптимальных периодичностей операций, влияющих на безопасность движения.

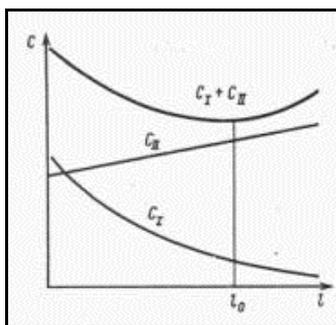


Рисунок 2. Схема определения периодичности ТО технико-экономическим методом

Рациональную периодичность выполнения ТО определяем по таблицам 9.1 и 9.2 приложения 9 [6]. При малой степени вариации ($V=0,2$) и отношении затрат при выполнении планово-предупредительного ремонта к затратам при выполнении ремонта по потребности равном $0,18$, границы проведения ТО: $0,15 l_T < l < l_T$. Тогда, при заданной периодичности ТО $6,8$ тыс. км, границы периодичности ТО, в которых выполнение этих операций целесообразно, составляют $1,02-6,8$ тыс. км.

Задача № 4. Надёжность узла автомобиля и затраты на поддержание его работоспособности характеризуются следующими показателями: \bar{X} – средняя наработка на отказ; V – коэффициент вариации ресурса; d – стоимость ТО узла; C – стоимость ремонта при устранении отказа.

Определить по экономико-вероятностному методу: оптимальную периодичность выполнения операций ТО узла l_{oi} ; целесообразность выполнения операций ТО узла с периодичностью $l_{то}$; границы периодичности ТО, в которых выполнения этих операций целесообразно.

Дано: Заданная периодичность ТО $l_{то} = 6,8$ тыс. км; Средняя наработка на отказ $\bar{X}=24$ тыс. км; Стоимость ТО узла $d=62$ руб; Стоимость ремонта узла $C=340$ руб.

Решение: Оптимальная периодичность определяется из выражения для коэффициента оптимальной периодичности: $\beta = l_{oi}/\bar{X} = [2K_n V_x / (1+V_x^2) * (1-V_x)]^{V_x}$ (12)

Где K_n – коэффициент относительных затрат на ТО и ТР, $K_n=d/C$; V_x – коэффициент вариации наработки на отказ при первой стратегии.

Значение коэффициента вариации наработки на отказ V_x принимаем по условиям предыдущей задачи равным $0,2$ [6]. Определяем коэффициент относительных затрат: $K_n=62/340 = 0,18$. Определяем коэффициент периодичности: $\beta = [2*0,18*0,2/(1+0,2^2)*(1-0,2)]^{0,2} = 0,554$. Отсюда оптимальная периодичность: $l_{oi} = 0,554*24 = 13,29$ тыс. км.

Определяем целесообразность выполнения операции с периодичностью $l_{то}=6,8$ тыс. км: $\beta' = 6,8/24 = 0,28$.

Для этого значения β' и коэффициента вариации $V_x = 0,2$ предельное значение коэффициента $(K_n)_d = 0,26$ (рисунок 10) [6] при фактическом значении согласно условию $K_n=0,2$. Так как $K_n < (K_n)_d$, то проведение данной операции по профилактической стратегии с периодичностью $l_{то} = 6,8$ тыс. км экономически рационально.

Нижняя граница периодичности ТО, при которой данную операцию ещё целесообразно проводить профилактически, составляет $0,26\bar{X}$, то есть $0,26*24*6,24$ тыс. км.

Вывод: таким образом, границы периодичности ТО, в которых выполнение этих операций целесообразно, составляют $6,24-13,29$ тыс. км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автодизель. Дополнение к руководству по эксплуатации. 236Н-3902150 РЭ. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://www.maz-rzn.ru/data/catalog/26/6_1667246649.pdf. (Дата обращения 25.06.2019).
2. Ремонт и обслуживание МАЗ. Виды и периодичность технического обслуживания. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://maz-auto.info/vidy-i-periodichnost-tekhnicheskogo-obsluzhivaniya/> (Дата обращения 25.06.2019).
3. Yaroslavl.ru. Инструкции. РЭ 37.320.006-2008. Блок настройки ТНВД сервисный. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://tps.yaroslavl.ru>. (Дата обращения 26.06.2019).
4. Е. С. Кузнецов., В. П. Воронов. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб и доп. - [Текст]. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
5. Википедия. Свободная энциклопедия. Коэффициент технической готовности. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Коэффициент_технической_готовности](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_технической_готовности). (Дата обращения 28.06.2019).
6. Н. И. Кузнецов., Н. В. Абакумов. Надежность машин и оборудования: Методические указания и задания к выполнению расчетных работ и задач. - [Текст]. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2001. – 36 с.