

EDN: XHMTVD

УДК 629.113

С. А. МАТВИЕНКО, И. А. БАЙДАК, А. М. ПОДОРВАНОВ, С. А. ЛАТАФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевка, г. Макеевка

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕСУРСА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Актуальной задачей на сегодняшний момент является обеспечение оптимального ресурса автотранспортных средств. Основная цель управления ресурсом заключается в обеспечении максимальной эксплуатационной эффективности автомобиля в рамках его ресурса с минимальными затратами на техническое обслуживание и ремонт. В статье рассмотрены используемые в литературе понятия ресурса автотранспортных средств, рассмотрены существующие модели оптимизации срока эксплуатации автомобиля. Предложена классификация ресурсов автомобиля для дальнейших исследований. Предложено понятие – оптимальный полный технический ресурс автотранспортного средства. Поставлена многокритериальная задача оптимизации полного технического ресурса автомобилей. Постановка задачи оптимизации включает следующие этапы: выбор критериев оптимальности, формирование целевой функции, выбор управляемых параметров, назначение ограничений, нормирование управляемых и выходных параметров. Определены критерии оптимизации полного технического ресурса автотранспортных средств – экологическая безопасность, безопасность технического состояния, техническо-эксплуатационный критерий, экономический критерий. Определены параметры критериев оптимизации технического ресурса автотранспортных средств.

Ключевые слова: ресурс, оптимизация, критерий, параметр, надежность, экологическая безопасность, экономический показатель, безопасность технического состояния.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Техническое состояние автотранспортных средств находится в непосредственной зависимости от их ресурса и срока службы. На сегодняшний момент нет единого подхода к определению и обеспечению оптимального ресурса автотранспортных средств.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основной задачей автотранспортных предприятий является поддержание и восстановление работоспособного состояния подвижного состава. Качество автомобиля включает показатели надежности, экологической и технической безопасности. Надежность автомобиля тесно связана с его ресурсностью.

Предельная наработка машины, по достижении которой она подлежит утилизации, называется ресурсом [1]. Ресурс определяет эффективность эксплуатации, экономическую эффективность, экологическую и техническую безопасности, надежность, затраты на ремонт и обслуживание современных автомобилей.

Основная цель управления ресурсом заключается в обеспечении максимальной эксплуатационной эффективности автомобиля в рамках его ресурса с минимальными затратами на ТО и Р.

Ресурс машины – это один из ключевых показателей, используемый в инженерии, для определения времени работы машины до ее полного износа. Он включает в себя физические и функциональные характеристики машины, которые определяют возможность ее долговечности и эффективной работы. Понимание ресурса машины помогает проектировщикам и потребителям определить жизненный цикл машины и принять обоснованные решения о ее разработке, покупке или замене.

Ресурс – это наработка объекта от начала эксплуатации нового или после капитального ремонта до наступления его предельного состояния, оговоренная нормативно-технической документацией.



На ресурс автомобилей оказывают влияние: вид эксплуатации, качество материалов используемые при производстве автомобилей, применение инновационных технологий изготовления и восстановления, технологические процессы и периодичность ТО и Р, профессионализм оператора, эксплуатационные факторы, конструктивные особенности машины.

Для объективной оценки качества автомобиля, как правило, используется показатель, характеризующий экономически оправданный ресурс – критерий минимизации суммарных удельных затрат на изготовление и поддержание работоспособного состояния при эксплуатации машины.

Оптимизации долговечности машин посвящено большое количество публикаций отечественных и зарубежных исследователей [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], в которых излагаются основы подхода к этой проблеме с учетом технико-экономических показателей. Вместе с тем ряд особенностей управления ресурсом автомобиля остается недостаточно исследованными. При формальной постановке задачи оптимизации ресурса автомобилей не уделено достаточно внимания её многокритериальности.

В настоящее время наибольшее распространение получили модели оптимизации А. М. Шейнина [12], в основе которых лежит целевая функция $S(\tau)$ (минимум суммы средних удельных стоимостей изготовления машины, капитального ремонта, устранения отказов и неисправностей, компенсации потерь, обусловленных износом), которая должна быть минимизирована.

В работе [13] автором определены актуальные критерии качества автомобиля, отражающие конструктивную безопасность эксплуатации, экологическую безопасность, надежность.

Целью статьи является постановка задачи оптимизации полного технического ресурса автотранспортных средств.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В технической литературе авторами при рассмотрении ресурса автотранспортных средств используют различные понятия: назначенный ресурс, гамма-процентный ресурс, средний ресурс, остаточный ресурс, оптимальный ресурс, межремонтный ресурс и т. д. Некоторые понятия вводятся произвольно без их теоретического обоснования.

Для дальнейших исследований в области оптимального ресурса авторами составлена классификация ресурсов автотранспортных средств (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация ресурсов автотранспортных средств

№	Наименование	Определение
1	Технический ресурс, или ресурс (R)	Наработка объекта от начала эксплуатации или возобновления после капитального ремонта до наступления предельного состояния.
2	Физический ресурс (R_{ϕ})	Связан с износом и старением ее компонентов и деталей. Физический ресурс агрегата – достижение им предельного состояния, вызванного отказами базовых и основных деталей.
3	Полный технический ресурс ($R_{пол}$)	Ресурс, исчисляемый от начала эксплуатации объекта до его перехода в предельное состояние, соответствующее окончательному прекращению эксплуатации (утилизации).
4	Доремонтный ресурс ($R_{ор}$)	Ресурс, исчисляемый от начала эксплуатации объекта до первого его среднего (капитального) ремонта.
5	Межремонтный ресурс ($R_{мр}$)	Минимально допустимая наработка, исчисляемая между двумя средними (капитальными) ремонтами объекта.
6	Послеремонтный ресурс ($R_{пр}$)	Ресурс объекта, исчисляемый от последнего среднего (капитального) ремонта до его перехода в предельное состояние, соответствующее окончательному прекращению эксплуатации (утилизации).
7	Назначенный ресурс ($R_{назн}$)	Суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его состояния
8	Средний ресурс ($R_{ср}$)	Средняя наработка объекта от начала эксплуатации или ее возобновления после предупредительного ремонта до наступления предельного состояния.
9	Гамма процентный ресурс (R_{γ})	Суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью γ , выраженной в процентах.
10	Гарантированный ресурс ($R_{гар}$)	Ресурс, определяемый сроком предъявления претензий и бесплатного (гарантированного) ремонта
11	Остаточный ресурс ($R_{ост}$)	Суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до момента достижения предельного состояния
12	Оптимальный ресурс ($R_{опт}$)	Ресурс, определяемый теоретически исходя из тех или иных представлений об оптимуме.

Постановка задачи оптимизации включает следующие этапы:

- выбор критериев оптимальности,
- формирование целевой функции (зависит от стратегии оптимизации),
- выбор управляемых (оптимизируемых) параметров,
- назначение ограничений,
- нормирование управляемых и выходных параметров.

Оптимальный полный технический ресурс равен сумме ресурсов межремонтных периодов:

$$R_{пол}^{opt} = R_{др}^{opt} + R_{1мм}^{opt} + R_{2мр}^{opt} + \dots + R_{пр}^{opt}, \quad (1)$$

Оптимальный технический ресурс соответствует максимуму эксплуатационной эффективности автомобилей и определяется, как правило по единичным критериям, связанным с экономическими, техническими, потребительскими и другими характеристиками.

Эксплуатационная эффективность автотранспортных средств характеризуется двумя показателями:

- эксплуатационная производительность машины;
- стоимость эксплуатации машино-часа.

Для автотранспортных средств оптимальный технический ресурс службы как правило определяют по экономическому критерию (удельные показатели на машино-час: минимум затрат, максимум прибыли; минимум удельных суммарных затрат на техническое обслуживание, ремонт машины и компенсацию потерь из-за снижения производительности и повышения расхода горюче-смазочных материалов).

Предельное состояние – это состояние автомобиля, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Для решения многокритериальных задач широко применяются методы использования информации (адаптивные, априорные, апостериорные) и принятия решения (скалярная постановка – сведение многокритериальной задачи к однокритериальной, векторная постановка – выделение Парето-оптимальной области). Многомерные цели могут быть взаимно нейтральны, кооперироваться, конкурировать.

Достижение автомобилем предельного состояния, соответствующего исчерпанию его ресурса, обуславливается различными факторами: физический износ, экологическая безопасность, безопасность технического состояния, моральное устаревание и др. (рисунок).

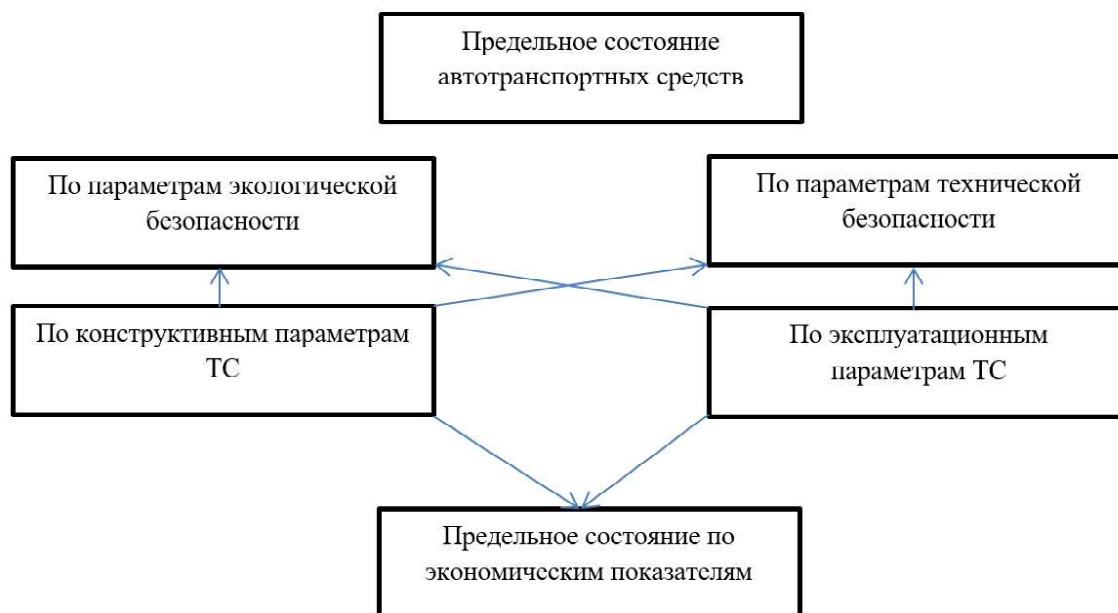


Рисунок – Типы предельных состояний автотранспортных средств.

Установление точных признаков и параметров предельного состояния автотранспортных средств является сложной задачей. Основным признаком предельного состояния автотранспортных средств является, как правило, увеличение интенсивности отказов, продолжительности простоев из-за необходимости их устранения, расходов на проведение работ по ТО и Р.

Показатели экологической эффективности представляют собой отношение достигнутого экологического эффекта в виде прибыли, объема производства к затратам, вызвавшим возникновение данного эффекта.

Оптимальный полный технический ресурс автомобиля определяется 4 критериями:

- 1) технический критерий;
- 2) экономический критерий;
- 3) критерий безопасности технического состояния;
- 4) критерий экологической безопасности.

Параметры критериев оптимизации полного технического ресурса автотранспортных средств представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры критериев оптимизации технического ресурса автотранспортных средств

Экономический критерий	Технико-эксплуатационный критерий	Критерий экологической безопасности	Критерий безопасности технического состояния
1. Затраты на эксплуатацию машин, отнесенные к эксплуатационной производительности (выработке) машин.	1. Экстенсивная нагрузка, интенсивная нагрузка, коэффициент интегральной нагрузки, КПД.	1. Объемы образования перерабатываемых отходов.	1. Бесшумность и отсутствие радиопомех при движении.
2. Рентабельность производства.	2. Тяговые параметры.	2. Объемы образования утилизируемых отходов.	2. Тормозные свойства.
3. Затраты на обеспечение транспортного процесса.	3. Топливные параметры.	3. Объемы образования не утилизируемых отходов.	3. Травмозащита.
4. Затраты на восстановление работоспособности.	4. Мощностные параметры.		4. Устойчивость.
5. Затраты на ресурсы обеспечения производства.	5. Параметры надежности.		5. Сигнализация и обзорность.

ВЫВОДЫ

При определении оптимального полного технического ресурса транспортных машин необходимо решать многокритериальную задачу по следующим критериям экономическому, технико-эксплуатационному, экологической безопасности, безопасности технического состояния.

Дальнейшим шагом исследований является разработка целевых функций и решение задачи оптимизации полного технического ресурса автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения = Dependability in technics. Terms and definitions : межгосударственный стандарт : издание официальное : взамен ГОСТ 27.002-89 : дата введения 2017-03-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Институт надежности машин и технологий» (ООО «ИНМИТ»). – Москва : Стандартинформ. 2016. – 30 с. – Текст : непосредственный.
2. ACEA. Vehicles in Use Europe 2023. – Текст : электронный // www.acea.auto : [сайт]. – 2023. – 10 July 2023. – URL: <https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2023.pdf> (дата обращения: 10.06.2023).
3. OICA. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, World Motor Vehicle Production by Country/Region and Type. – Текст : электронный // www.oica.net : [сайт]. – 2019–2022. – URL: <https://www.oica.net/wp-content/uploads/By-country-region-2022.pdf> (дата обращения: 04.06.2023).
4. Мангуш, С. Ч. Сравнительный анализ методов определения оптимальных сроков службы машин / С. Ч. Мангуш, Н-Д. К. Ховалыг. – Текст : непосредственный // Вестник. Технические и физико-математические науки. – 2014. – № 3. – С. 84–91.
5. Repin, S. Optimizing the service life of plant machinery and vehicles using information system for management of engineering status / S. Repin, S. Evtulov, J. Rajczyk. – Текст : электронный // Architecture and Engineering. – 2016. – Volume 1, issue 2. – P. 53–57. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizing-the-service-life-of-plant-machinery-and-vehicles-using-information-system-for-management-of-engineering-status/viewer> (дата обращения: 12.03.2024).
6. Методика оптимизации срока службы строительных машин на основе данных эксплуатации / С. В. Репин, А. В. Зазыкин, С. С. Евтюков [и др.]. – Текст : непосредственный // Sciences of Europe. – 2018. – № 33. – С. 61–66.

7. Danilecki, K. Optimization of Car Use Time for Different Maintenance and Repair Scenarios Based on Life Cycle Assessment / K. Danilecki, P. Smurawski, K. Urbanowicz. – Текст : непосредственный // Applied Sciences. – 2023. – Volume 13, issue 9843. – P. 1–22. – <https://doi.org/10.3390/app13179843>.
8. Methods of systemic management of the service life of vehicles / D. Ptitsyn, V. Ershov, A. Podgorny [et al.]. – Текст : непосредственный // E3S Web of Conferences. – 2021. – Volume 274, issue 2. – P. 1–6. – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127411001>.
9. Матвиенко, С. А. Анализ управления процессами повышения ресурса деталей, лимитирующих надежность автомобиля / С. А. Матвиенко, Э. С. Савенко, А. Г. Яценко. – Текст : непосредственный // Машиностроительные технологические системы : сборник трудов международной научно-технической конференции, Ростов-на-Дону, 26–30 сентября 2023 года / под редакцией В. А. Лебедева ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2023. – С. 350–356.
10. Савенко, Э. С. Восстановление стальных коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания методом наплавки / Э. С. Савенко, Н. В. Савенков, Н. В. Савенко. – Текст : электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2022. – Том 18, № 1. – С. 27–35. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2022-1/03_savenko_savenkov_savenko.pdf (дата обращения: 20.03.2024).
11. Савенко, Э. С. Исследование метода электрогидравлической раздачи при восстановлении деталей кривошипно-шатунного механизма / Э. С. Савенко, Н. В. Савенков, Л. Р. Ковалева. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – Выпуск 2021-3(149) Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 19–25. – URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/2021-3\(149\)/st_03_savenko_savenkov_kovaleva.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/2021-3(149)/st_03_savenko_savenkov_kovaleva.pdf) (дата обращения: 20.03.2024).
12. Пернебеков, С. С. Разработка модели оптимизации показателей надежности транспортных средств в общем виде / С. С. Пернебеков. – Текст : электронный // Universum: технические науки : электронный научный журнал. – 2020. – № 11(80). – 3 с. – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10849> (дата обращения: 20.03.2024).
13. Терентьев, А. В. Методология управления рациональным сроком службы автомобиля / С. А. Евтюков, А. В. Терентьев, Г. Гинзбург. – Текст : непосредственный // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 1 (56). – С. 3–10.

Получена 08.05.2024

Принята 24.05.2024

SERGEY MATVIENKO, ILYA BAIDAK, ARTEM PODORVANOV, STANISLAV LATA
SETTING THE TASK OF DETERMINING THE FULL TECHNICAL VEHICLE
RESOURCE

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation,
Donetsk People's Republic, Makeevka

Abstract. The article discusses the concepts of the resource of motor vehicles used in the literature, and examines existing models for optimizing the life of a car. The classification of vehicle resources for further research is proposed. The concept of the optimal full technical resource of the car is proposed. The multi-criteria task of optimizing the full technical resource of cars is set. The criteria for optimizing the full technical resource of motor vehicles are defined – environmental safety, safety of technical condition, technical and operational criteria, economic criteria, selection of optimality criteria. The parameters of criteria for optimizing the technical resource of vehicles are determined. The formulation of the optimization problem includes the following stages: selection of optimality criteria, formation of the objective function, selection of controlled parameters, assignment of constraints, normalization of controlled and output parameters. The criteria for optimizing the full technical resource of motor vehicles are defined – environmental safety, safety of technical condition, technical and operational criteria, economic criteria. The parameters of criteria for optimizing the technical resource of motor vehicles are determined.

Keywords: resource, optimization, criterion, parameter, reliability, environmental safety, economic indicator, safety of technical condition.

Матвиенко Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технологические методы формирования поверхностного слоя деталей.

Байдак Илья Александрович – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автотранспортные средства.

Подорванов Артем Максимович – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автотранспортные средства.

Лата Станислав Андреевич – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автотранспортные средства.

Matvienko Sergey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, of the Department of Automotive Transport, Service and Operation, FSBE HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: car repair technology.

Baidak Ilya – master’s student, of the Department of Automotive Transport, Service and Operation, FSBE HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: motor vehicles.

Podorvanov Artem – master’s student, of the Department of Automotive Transport, Service and Operation, FSBE HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: motor vehicles.

Lata Stanislav – master’s student, of the Department of Automotive Transport, Service and Operation, FSBE HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: motor vehicles.