

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

COMPARATIVE ANALYSIS OF MOTOR OILS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Повалюхин Д.В., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Povaluhin D. V., Student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Иванов Д.А., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Ivanov D. A., Student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Скрыльников Н.В., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Skrylnikov N.V., Student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Камалова Н.С., кандидат физико-математических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Kamalova N.S., PhD in Physics and Mathematics, Docent, Associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Евсикова Н.Ю., кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой общей и прикладной физики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Evsikova N.Yu., PhD in Physics and Mathematics, Docent, Head of the General and Applied Physics Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ различных типов моторных масел, используемых в двигателях внутреннего сгорания. Актуальность темы обусловлена высокой важностью выбора качественного масла для обеспечения надежной работы двигателей, повышения их эффективности, а также продления срока службы агрегатов. В результате исследований выяснилось, что в рамках системного подхода можно применять многокритериальные методы сравнения альтернатив к задачам многоаспектного обоснованного выбора в конкретной ситуации.

Ключевые слова: системный анализ, многокритериальный метод сравнения, повышение ресурса двигателя, моторные масла.

Abstract. The article presents a comparative analysis of various types of motor oils used in internal combustion engines. The relevance of the topic is due to the high importance of choosing a quality oil to ensure reliable operation of engines, improve their efficiency, and extend the service life of units. As a result of the research, it was found that within the framework of a systems approach,

multi-criteria methods for comparing alternatives can be used to solve problems of multi-aspect justified choice in a specific situation.

Key words: systems analysis, multi-criteria comparison method, increasing engine life, motor oils.

Как известно, моторное масло способствует защите рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозии (образованию защитной пленки), охлаждению сопрягаемых поверхностей деталей в результате действия нагрузок и, как следствие, снижению силы трения, обеспечению очистки деталей от загрязняющих частиц, продуктов износа и нагара. Поэтому для поддержания долговечности и работоспособности двигателя внутреннего сгорания необходимо своевременно и регулярно производить замену масла в системе смазки. В современных условиях при выборе моторного масла рядовой потребитель сталкивается с множеством марок, каждая из которых активно рекламируется. В результате для принятия решения ему требуется провести комплексный анализ информации о характеристиках моторных масел, разработать критерии сравнения, содержащие иерархическую систему показателей эффективности в зависимости от целей эксплуатации двигателя, и, собственно, остановиться на компромиссном варианте выбора. Таким образом, потребители фактически сталкиваются с задачей обоснования выбора, являющейся, с точки зрения современного системного подхода, компонентой проблемы принятия решения. Программные комплексы для поддержки в подобных ситуациях в настоящий момент активно используются в системах управления [1]. Однако, широкое применение таких приложений существенно затрудняет отсутствие у широкого круга возможных пользователей навыков системного анализа.

Например, для осуществления обоснованного выбора марки масла разработаны обозначения и стандарты (такие как API, ACEA, ILSAC), которые должны помогать пользователю определить оптимальные варианты решения для конкретного типа двигателя и условий эксплуатации с учетом рекомендаций автопроизводителя, содержащихся в технической документации автомобиля. При этом к условиям эксплуатации можно отнести использование в городской среде, на трассе, при экстремальных температурах (в условиях пустыни или арктики) [2-4]. Для применения программного комплекса их необходимо ранжировать по сложности с учетом основных параметров сравнения, например, требуемого уровня защиты от износа при интенсивной эксплуатации или специфических свойств в результате использования в дизельных или бензиновых двигателях. Не меньшую значимость имеет и стоимость бренда. Таким образом, задача отличается многоаспектностью и требует применения системных методов исследования [1].

Целью данной работы является на примере сравнительного анализа наиболее популярных моторных масел продемонстрировать возможности применения методов многокритериального анализа для решения задачи выбора оптимального варианта в конкретной ситуации.

В рамках системного подхода на первом этапе разработки комплексных методов поддержки систем принятия решения в конкретной ситуации необходимо ознакомиться с возможными вариантами конструктивных схем маслосистемы. Типовая конструкция для двигателя внутреннего сгорания с «мокрым» картером содержит (см. Рис. 1) [2-4]: патрубок

маслоналивной (1); насос топливный (2); трубка маслоподводящая (3); трубка маслоотводящая (4); фильтр центробежной очистки масла (5); фильтр масляный (6); указатель давления масла (7); клапан перепускной масляного фильтра (8); кран радиатора (9); радиаторы (10); клапан дефференциальный (11); клапан предохранительный радиаторной секции (12); картер масляный (13); труба всасывающая с заборником (14); секция радиаторная масляного насоса (15); секция нагнетающая масляного насоса (16); клапан редукционный нагнетающей секции (17); полость дополнительной центробежной очистки масла.

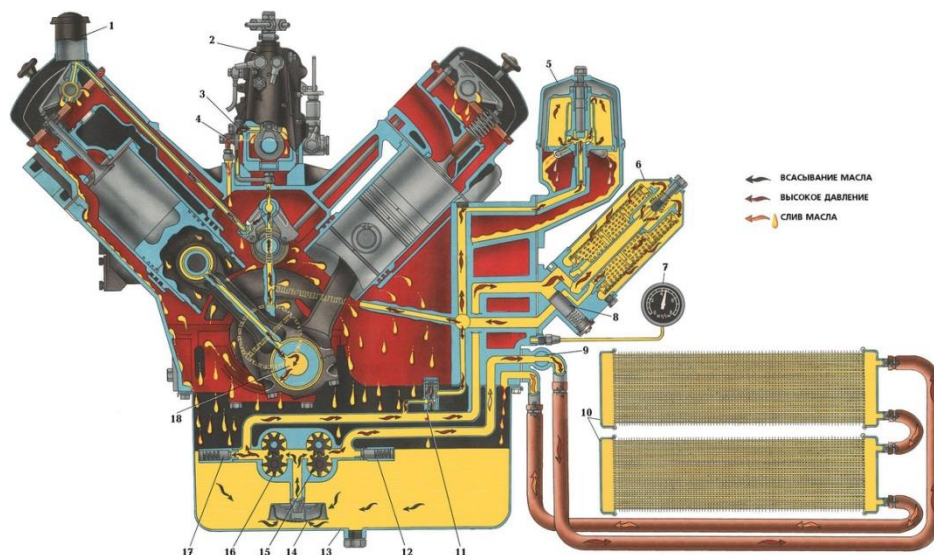


Рисунок 1 – Система смазки двигателя внутреннего сгорания

Анализ схемы позволяет сделать вывод, что в системе смазки двигателя формируется многоконтурный механизм движения масла, отличающийся сложностью, главным требованием к которому является его управляемость и устойчивость в условиях эксплуатации. Расчет основных характеристик динамики масла, согласно общим подходам механики жидкости и газа, основывается на оценке коэффициента сопротивления, который, в свою очередь, во многом определяется числом Рейнольдса, содержащем как допустимый расход, так и вязкость масла. Поэтому для сравнения были выбраны масла одного из самых популярных стандартов по вязкости SAE. Уровень угара, характеризующий износостойкость системы, определяется температурой вспышки масла, а кислотно-щелочной индекс, позволяет оценить его очищающие свойства и, следовательно, способность системы противодействовать образованию отложений на стенках двигателя и нагару на его рабочих частях. Поэтому для сравнения были выбраны такие показатели качества, как окислительно-щелочные свойства, кинетическая вязкость масла при 100°C и температура его вспышки.

Моторные масла обычно классифицируются по способу производства на три основных типа: минеральные, синтетические и полусинтетические [2-4]. Минеральные масла производятся из очищенной нефти, проходят процесс рафинирования для удаления нежелательных примесей и добавления различных добавок. Как правило, они дешевле синтетических, отличаются нестабильностью химического состава, имеют более короткий срок службы и подвержены влиянию флуктуаций температуры окружающей среды [2-4].

Синтетические масла получают химическим путем. Они предназначены для обеспечения стабильной работы двигателя в широком диапазоне температур, поэтому обычно более устойчивы к флуктуациям температуры окружающей среды и лучше защищают двигатель от износа. Поскольку дольше сохраняют свои свойства, то реже требуют замены, но существенно дороже минеральных [2-4].

Полусинтетические масла представляют собой смесь минеральных и синтетических масел, создаются для реализации сочетания лучших сторон своих составляющих, поэтому считаются более качественными, чем минеральные, но при этом доступнее по цене чем синтетические масла [2-4].

Для принятия решения по выбранным критериям была введена прогрессивная шкала отношений (3:5:7), по которой определялись коэффициенты их сравнительной значимости b_{ij} . Сравнение критериев проводилось вербально на основании опроса пользователей. Самым значимым критерием была выбрана вязкость при 100°C, затем температура вспышки и, наконец, окислительно-щелочные свойства (см. круговую диаграмму на рисунке 1). По выбранным коэффициентам рассчитывался вектор матрицы сравнения ρ_i по формуле [5-7]:

$$\rho_i = \sqrt[k]{\prod_{l=1}^k b_{il}}, \quad (1)$$

где k – количество обоснованных критериев ($k = 3$).

Далее, на основании собранной информации по отзывам автомобилистов и автомехаников, с учетом выявленных достоинств и недостатков рассматриваемых марок масла (альтернатив), по прогрессивной шкале формировались коэффициенты попарного сравнения альтернатив a_{ij} по каждому критерию отдельно, и составлялась матрица:

$$\omega_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{m=1}^n a_{ijm}}, \quad (2)$$

где n – число сравниваемых марок масла ($n = 4$); i – порядковый номер критерия сравнения; j – порядковый номер альтернативы. Для нормировки использовалось соотношение:

$$\omega_{ijn} = \frac{\omega_{ij}}{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}}. \quad (3)$$

Анализ осуществлялся по индикатору сравнения для каждой марки моторного масла:

$$\Omega_j = \sum_i \rho_i \omega_{ijn}. \quad (4)$$

Итоги применения метода многокритериального сравнения альтернатив к рассматриваемой задаче приведены на рисунке 2.

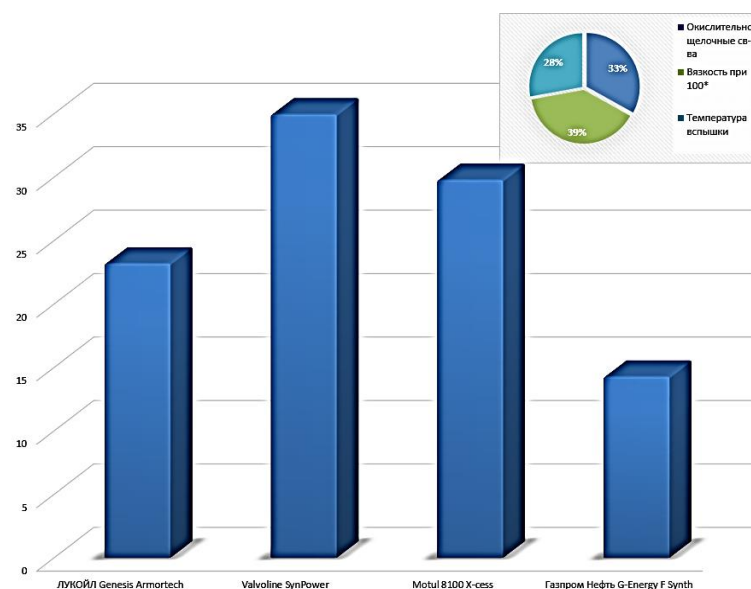


Рисунок 2 – Результаты сравнения моторных масел

В результате сравнения выяснилось, что лучше остальных в рассматриваемой ситуации подойдут марки Valvoline и Motul, которые благодаря своим премиальным формулам обеспечивают хорошие показатели основных рассматриваемых характеристик (см. Рис. 2). Таким образом, синтетические масла средней ценовой категории могут обеспечить двигатель хорошей защитой и продлить срок его эксплуатации.

В заключение отметим, что многокритериальный анализ в рамках системного подхода дает возможность обоснованно принять решение по выбору марки масла с учетом многоаспектности задачи с помощью программ поддержки принятия решения. При этом моделирование конкретной ситуации состоит в обосновании и формировании ранжированного по значимости набора критериев сравнения возможных альтернатив (в данном случае марок масел), список которых составляется по данным, полученным из различных источников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретические основы системного анализа / В.И. Новосельцев, Б.В. Тарасов, В.К. Голиков, Б.Е. Демин; под ред. В.И. Новосельцева. – Москва: Майор, 2006. – 592 с.
2. Войтов, В.А. Оптимизация и прогнозирование эксплуатационных свойств смазочных материалов в агрегатах трансмиссии / В.А. Войтов, С.А. Митиков, М.И. Суханов // Вестник НТУ «ХПИ» / Автомобиле- и тракторостроение / Сборник научных трудов. – Харьков: Изд-во НТУ «ХПИ». – 2006. – Вып. 6. – С. 136-140.
3. Терехов, А.С. Влияние температурных режимов работы агрегатов трансмиссии на эксплуатационные свойства трансмиссионного масла / А.С. Терехов, П.П. Заскалько, В.И. Некрасов // Автомобильная промышленность. – 1976. – № 6. – С. 11-12.
4. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.Я. Буяновский [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1989. – 224 с.
5. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – Москва: Радио и связь, 1993. – 278 с.

6. Системный подход к проблеме обоснования модернизации лесозаготовительных машин / П.И. Попиков, Н.Ю. Евсикова, Н.С. Камалова, В.С. Полянин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – № 2, ч. 2 (13-2). – С. 296-300.

7. Кузнецов, Д.С. Применение метода анализа иерархий для обоснования выбора наиболее эффективного корчевателя / Д.С. Кузнецов, Е.В. Поздняков, Н.Ю. Евсикова // Воронежский научно-технический вестник. – 2020. – Т. 1, № 1 (26). – С. 91-95.

REFERENCES

1. Theoretical Foundations of Systems Analysis / V.I. Novosel'tsev, B.V. Tarasov, V.K. Golikov, B.E. Demin; edited by V.I. Novosel'tsev. – Moscow: Mayor, 2006. – 592 p.

2. Voitov, V.A. Optimization and Forecasting of Performance Properties of Lubricants in Transmission Units / V.A. Voitov, S.A. Mitikov, M.I. Sukhanov // Bulletin of NTU "KhPI" / Automobile and Tractor Industry / Collection of Scientific Papers. – Kharkov: Publishing House of NTU "KhPI". – 2006. – Iss. 6. – P. 136-140.

3. Terekhov, A.S. Influence of Temperature Modes of Transmission Units on Performance Properties of Transmission Oil / A.S. Terekhov, P.P. Zaskal'ko, V.I. Nekrasov // Automobile industry. – 1976. – No. 6. – P. 11-12.

4. Lubricants: Antifriction and antiwear properties. Test methods: Handbook / R.M. Matveevsky, V.L. Lashkhi, I.Ya. Buyanovsky [et al.]. – Moscow: Mashinostroenie, 1989. – 224 p.

5. Saati, T. Decision making. Hierarchy process analysis method / T. Saati; trans. from English by R.G. Vachnadze. – Moscow: Radio and communication, 1993. – 278 p.

6. Systems approach to the problem of justifying the modernization of logging machines / P.I. Popikov, N.Yu. Evsikova, N.S. Kamalova, V.S. Polyanin // Current areas of scientific research in the 21st century: theory and practice. – 2015. – No. 2, Part 2 (13-2). – P. 296-300.

7. Kuznetsov, D.S. Application of the hierarchy process analysis method to justify the choice of the most effective root puller / D.S. Kuznetsov, E.V. Pozdnyakov, N.Yu. Evsikova // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2020. – Vol. 1, No. 1 (26). – P. 91-95.