УДК 656.13;004.942

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ЗА РУБЕЖОМ КАК СПОСОБ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГАРАНТИЙНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ

Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Беляев Э.И., Черемин А.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет (423810, г. Набережные Челны, пр.Мира, 68/19), e-mail: kamIVM@mail.ru

Статья посвящена разработке теоретических и практических методов решения проблем, связанных с развитием системы фирменного сервиса грузовых автомобилей и повышением эффективности ее функционирования. Рассмотрены возможности применения OLAP-технологии как средства накопления информации об отказах автомобильной техники, что способствует повышению ее качества и оперативности использования для анализа. Рассмотрен пример использования предложенной методологии на примере анализа данных, полученных из сервисных центров существующей дилерско-сервисной сети КамАЗ за рубежом. Показано влияние фактора климатических условий региона эксплуатации на показатели эксплуатационной надежности. Предложенный метод позволит организовать накопление статистических данных о наиболее частых причинах возникновения преждевременных отказов в определенных условиях эксплуатации, а также аналитических данных от дилерских центров, позволяющих производителю целенаправленно совершенствовать конструкцию автомобиля, повышая его надежность и безопасность.

Ключевые слова:эксплуатационная надежность, прогнозирование отказов, OLAP-технология.

ANALYSIS OF CONDITIONS OF SERVICE VEHICLES ABROAD AS A WAY TO IMPROVE SYSTEM PERFORMANCE WARRANTY

Makarova I.V., Khabibullin R.G., Belyaev E.I., Cheremin A.A.

Kazan (Volga Region) Federal University, NaberejnyeChelny, Russia (423810, NaberejhnyeChelny, pr.Mira, 68/19), e-mail: kamIVM@mail.ru

The article is devoted to the development of theoretical and practical methods of solving problems associated with the development of the system of the corporate service of trucks and increase efficiency of its functioning.Considered are the possibilities of the use OLAP-technologies as a means of accumulation of the information on failures of vehicles that helps to improve its quality and efficiency of use for analysis.Consider an example of application of the proposed methodology in the analysis of the data obtained from the service centers of the existing dealer-service network of KAMAZ abroad. It is shown the influence of the climatic conditions of the region operating on the indicators of operational reliability.The proposed method will allow to organize the accumulation of statistical data on the most frequent reasons of premature refusals emergence in certain service conditions; accumulation of analytical data from the dealer centers allowing the producer purposefully to improve a design of the car, increasing its reliability and safety.

Keywords:operational reliability, forecasting of refusals, OLAP-technology.

В условиях роста автомобилизации и усиливающейся конкурентной борьбы на автомобильном рынке надежность техники становится одним из главных факторов обеспечения ее конкурентоспособности. Задача обеспечения безотказной работы автомобилей решается на всех этапах их жизненного цикла – от проектирования до утилизации. Производители автомобильной техники несут ответственность за ее техническое состояние на всех этапах эксплуатации, однако гарантийный период является наиболее ответственным, поскольку любые отклонения от гарантийных обязательств могут отрицательно повлиять на репутацию продуцента и снизить доверие к бренду у клиентов – покупателей и владельцев автомобильной техники. Устойчивость позиций фирмы–продуцента автомобилей на зарубежных рынках зависит от качества планирования и прогнозирования, применяемых при разработке стратегии

организации фирменного сервиса (ФС).

Успешность развития ФС за рубежом заключается в системности подхода как к созданию дилерско-сервисной сети (ДСС), так и к организации процессов при ее функционировании, что обеспечивается качеством исходной информации, в том числе и по региону эксплуатации техники, а также надежностью инструментов для ее анализа и прогнозов на последующие периоды. Своевременный, быстрый и качественный сервис наиболее востребован для владельцев грузовой автомобильной техники, поскольку при коммерческой эксплуатации автомобиля каждый лишний час простоя в ожидании обслуживания измеряется упущенной выгодой. Это вынуждает производителей искать новые формы организации фирменного сервиса и оптимизировать бизнес-процессы.

Одним из важных факторов, оказывающих существенное влияние на качество технического обслуживания автомобильной техники является обеспечение фирменных сервисных центров запасными частями. Для повышения эффективности планирования структуры и времени поставок запасных частей необходимо учитывать, что различные узлы, агрегаты и системы автомобиля имеют разный ресурс и обладают разной степенью надежности, которая, в свою очередь, зависит от множества факторов, имеющих стохастический характер.Своевременная замена деталей, исчерпавших свой ресурс, позволяет не только повысить безопасность эксплуатируемого автомобиля, но и избежать выхода из строя деталей, сопряженных с ними.

Наиболее эффективным методом повышения эксплуатационной надежности автомобилей является предупреждение отказов, основанное на прогнозировании технического состояния при определенной наработке и планировании, в связи с этим - времени обслуживания. Прогнозирование возможного момента отказа, т.е. определение вероятности того, что контролируемый параметр через определенный промежуток времени выйдет за допустимые пределы, позволяет планировать поставки запасных частей по номенклатуре и количеству для своевременной замены малонадежных элементов с учетом условий эксплуатации, климатических условий в конкретном регионе; времени года; типа, модели и комплектации автомобиля.

Для накопления статистических данных об отказах наиболее целесообразно использовать возможности информационных систем и технологий, таких как системы управления базами данных для учета отказов, позволяющих описать все виды отказов по характеру поломки и узлу, в котором она возникла, а также по условиям, в которых эксплуатировался автомобиль; программ статистического анализа для обработки статистической информации и других, дает возможность снизить риск преждевременных отказов. Изучение характера оказываемых воздействий может базироваться на информации об отказах, возникающих в про-

цессе эксплуатации, зафиксированных в виде рекламаций потребителя, после их тщательной обработки и анализа. Учет информации, ее формализация и классификация по неисправностям и отказам, реализованная в виде кодификатора дефектов, а также ее анализ с учетом различных факторов, позволяют выявить причины возникновения преждевременных отказов и предпринять меры по их предотвращению. Для этого необходима система сбора, формализации и анализа рекламационных актов, которая позволит специалистам сервисных центров вводить, а сотрудникам формы-продуцента просматривать и анализировать рекламации.

Анализ информации об отказах автомобилей показывает, что у каждой модели в определенных условиях эксплуатации при фиксированной наработке есть некоторое число деталей, чаще других выходящих из строя, называемых «лимитирующими» надежность, или «критическими» по надежности. При этом, по мнению Крамаренко Г.В.[2], на 15-18 тыс. деталей, из которых состоит автомобиль, 3-4 тыс. имеют сроки службы меньше, чем сам автомобиль, но только 400 деталей являются критическими по надежности.

При обращении в сервисный центр, с помощью информационной системы, фиксируются данные о его причинах, которые служат исходной информацией для последующего анализа. Для формирования выборки по одному из факторов значения всех остальных остаются фиксированными. Параметры законов распределения случайной величины наработки на отказ определяются для сформированного массива данных с помощью программы Statistica [3]. График закона распределения строится в соответствии с гистограммой эмпирических данных, после чего определяется его соответствие выборочным данным при заданном уровне значимости.

Результаты анализа служат для разработки и корректировки инструкций, предназначенных как для сервисных центров, так и для автовладельцев, соблюдение которых позволяет обеспечить безотказную эксплуатацию автомобиля. В условиях расширения сервисной сети наряду с эксплуатационными показателями автомобильной техники необходим анализ таких показателей рынка сбыта, как:

- климатические особенности и потенциал региона;
- политика и национальное законодательство;
- конкурентное преимущество фирмы-продуцента на анализируемом рынке;
- возможности системы по адекватной и своевременной реакции на изменение экономической ситуации на рассматриваемом рынке;
- возможности системы синхронизации работы всех подсистем фирмы-продуцента по обеспечению эффективности исполнения экспортных функций.

Значительное число параметров, влияющих на условия эксплуатации, а, следовательно, и на надежность техники, являются стохастическими, поэтому точность прогноза, основан-

ная на их анализе, в значительной степени зависит от качества исходной информации. Повысить качество исходной информации можно с помощью технологии оперативного анализа данных onlineanalyticalprocessing (OLAP) [4;5]. Основу данной технологии составляет многомерный куб данных - OLAP-куб.

Важной особенностью OLAP-куба для нас является то, что при такой технологии можно по каждому измерению задать иерархию, определяющую способ группирования или классификации элементов, принадлежащих данному измерению. OLAP-технология включает в себя несколько важных понятий.

Показатель - это величина, которая является предметом анализа. В нашем случае показателем будет являться число отказов детали, узла или агрегата данной модели автомобиля.

Измерение - это множество объектов одного или нескольких типов, организованных в виде иерархической структуры и обеспечивающих информационный контекст числового показателя. В представленной работе основными измерениями будут являться:

- характеристика единицы автомобильной техники (Модель);
- характеристика сервисного центра, обслуживающего автомобиль (Сервисный центр);
- характеристика условий эксплуатации и отрасли использования (Пользователь);
- характеристика региона эксплуатации в целом (Регион).

Члены измерений - объекты, совокупность которых образует измерение. Члены измерений визуализируют как точки или участки, откладываемые на осях OLAP-куба. Например, для измерения «Регион» членами будут являться:

- категория региона по климатическим условиям и рельефу местности;
- наличие сервисной сети;
- уровень населения.

Агрегаты - агрегированные по определенным условиям исходные значения показателей. Обычно под агрегацией понимается любая процедура формирования меньшего количества значений (агрегатов) на основании большего количества исходных значений. В нашем случае агрегированием данных будет являться суммирование количества отказов в зависимости от выбранного сочетания измерений.

Для агрегирования данных и визуализации полученных результатов был разработан программный модуль (рис.1).

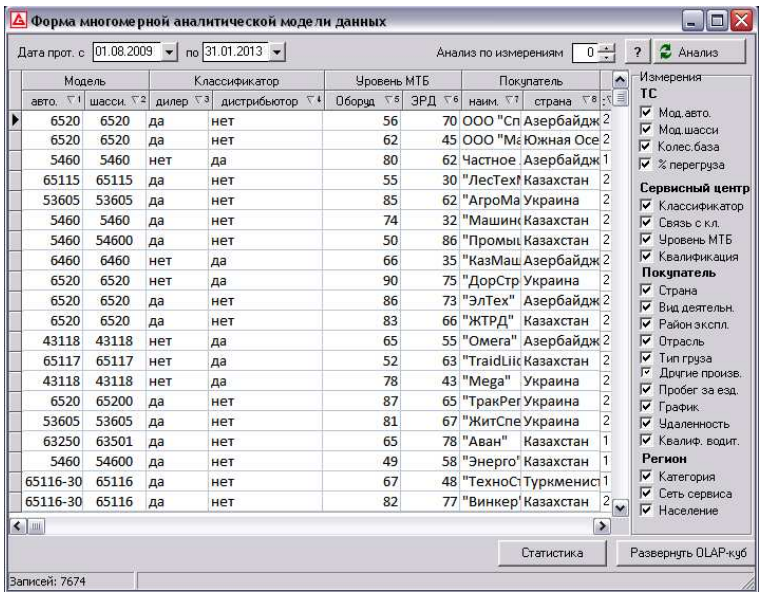

Рис. 1. Результат агрегирования данных по всем измерениям и их членам

Степень агрегации многомерного куба данных вычисляется как: $a = \frac{a}{a^*}$, где a - реальное количество агрегированных значений показателей, a^* - максимально возможное количество агрегатных значений исходных данных куба.

При выводе формул для a и a^* сначала анализируют простые случаи с двумя-тремя измерениями, а затем переходят к обобщённому варианту. То же самое касается и уровней иерархии в измерениях: сначала рассматривают случаи простых, одноуровневых измерений, а затем на примере измерений с несколькими уровнями выводится обобщённая формула.

Для примера исследуем случай с тремя простыми измерениями. Для большей наглядности рассмотрим пример учёта количества отказов автомобильной техники в конкретном регионе. Структура многомерного куба будет включать в себя следующие объекты (рис.2):

- один показатель: количество отказов;
- три измерения:
    - «Модель»,
    - «Регион»,
    - «Сервисный центр».

Использование технологии многомерного анализа данных и механизма агрегации данных об эксплуатационной надежности автомобильной техники при прогнозировании ориентировочного времени отказа позволяет предупреждать как внезапные отказы, к которым относятся все отказы в период приработки и штатной эксплуатации, так и постепенные, обусловленные процессами старения. Полученная информация о предполагаемом времени наступления отказа позволяет создать условия для его предотвращения или устранения.

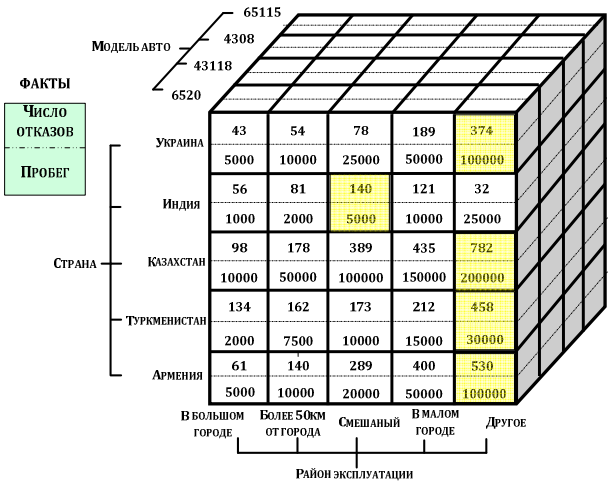

Рис. 2. Трёхмерный OLAP-куб с простыми измерениями

При выявлении резервов повышения эффективности процессов сервисных центров автомобилестроительного предприятия необходимо учитывать, что различные узлы, агрегаты и системы автомобиля имеют разный ресурс в тех или иных условиях и обладают разной степенью надежности, которая, в свою очередь, зависит от множества факторов, характер которых зачастую стохастический. В особенности это характерно при расширении рынков сбыта и развитии ДСС за рубежом. При прогнозировании отказов и планировании обслуживания автомобилей необходим учет фактора климатических условий, поскольку он оказывает существенное влияние на показатель надежности.

Согласно классификации климатов В.П. Кёппена [1], основанной на учёте режима температуры и осадков, выделяется 5 типов климатических зон, именно: A - влажная тропическая зона без зимы; B - две сухие зоны, по одной в каждом полушарии; C - две умеренно тёплые зоны без регулярного снежного покрова; D - две зоны бореального климата на материках с резко выраженными границами зимой и летом; E - две полярные области снежного климата. Границы между зонами проводятся по определённым изотермам самого холодного и самого тёплого месяцев и по соотношению средней годовой температуры и годового количества осадков при учёте годового хода осадков. Внутри зон типов A, C и D различаются климаты с сухой зимой (w), сухим летом (s) и равномерно влажные (f). Сухие климаты по соотношению осадков и температуры делятся на климаты степей (BS) и климаты пустынь (BW), полярные климаты - на климат тундры (ET) и климат вечного (постоянного) мороза (EF).

Исследование влияния фактора климатических условий проводилось на основе выборки из статистических данных по отказам, накопленных ЗАО «ВТК «КАМАЗ». Поскольку при увеличении численности автомобильного парка возрастает вероятность возникновения отказов, при составлении распределения отказов по странам рассматривался показатель удельного числа отказов (т.е. числа отказов, приходящихся на один автомобиль). На рис. 3. пред-

ставлена диаграмма и функция распределения отказов по странам. При этом коэффициент корреляции $R^2 = 0,63$, что не удовлетворяет требуемой точности для целей прогнозирования и планирования.

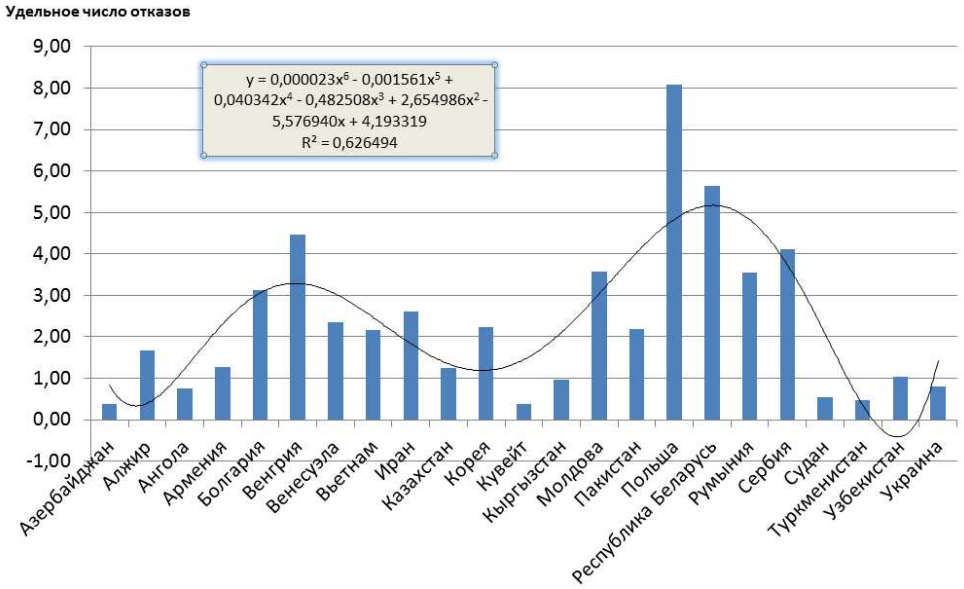

Рис.3. Распределение удельного числа отказов по странам

Поскольку анализ данных об отказах показал, что наблюдается сильных разброс удельного числа отказов по странам, была выполнена группировка стран по типам климата согласно классификации Кёппена. При этом было выделено 3 группы стран.

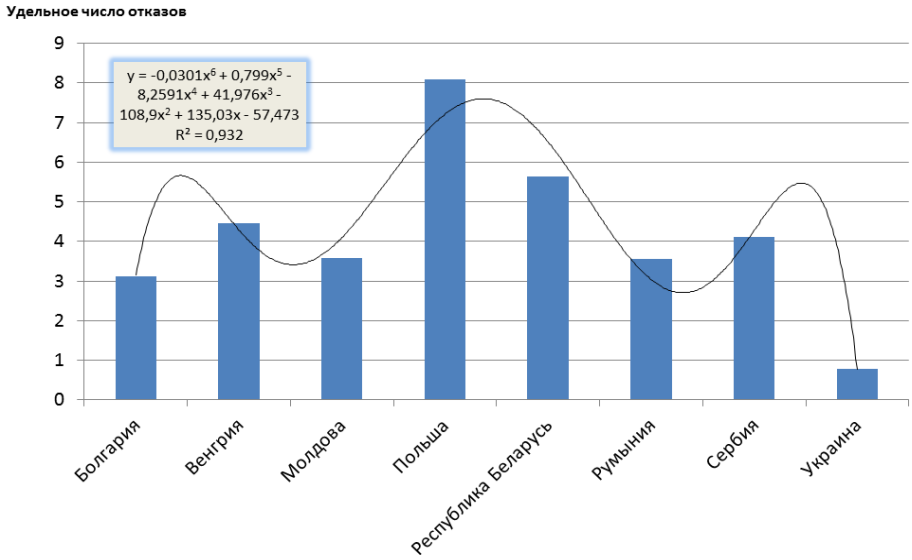

Рис.4. Распределение удельного числа отказов по странам 1-й группы

Графики распределения удельного число отказов и функции распределения отказов строились отдельно для каждой группы стран. При этом коэффициент корреляции законов распределения для каждой из климатических групп стран существенно больше, чем при их обобщенном рассмотрении, что свидетельствует о необходимости учета фактора климатических условий при прогнозировании отказов и планировании обслуживания автомобилей.

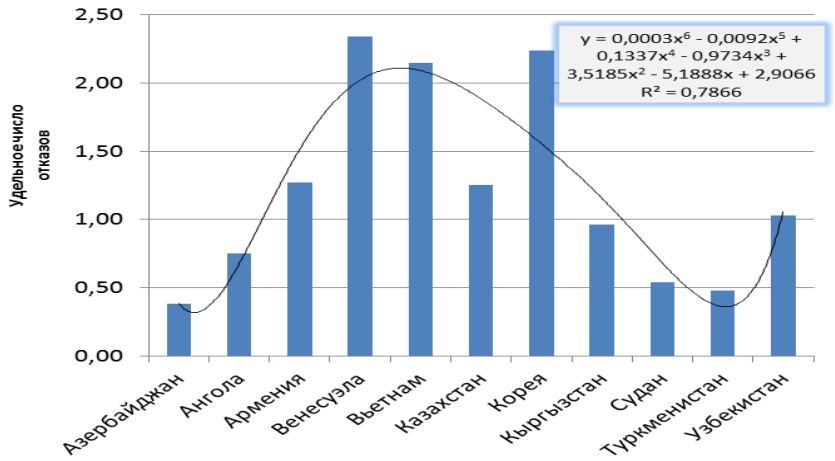

Рис.5. Распределение удельного числа отказов по странам 2-й группы

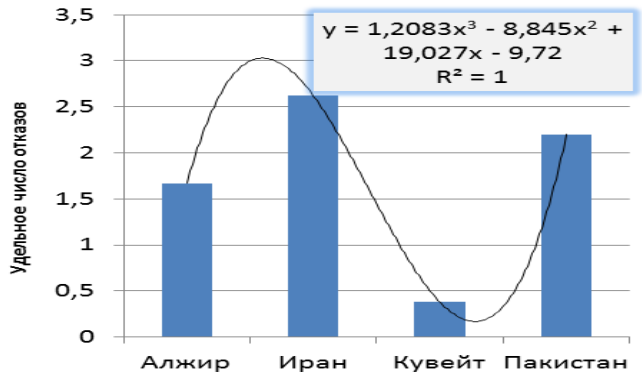

Рис.6. Распределение удельного числа отказов по странам 3-й группы

Списоклитературы

1. Кеппен В.П. Основы климатологии (Климаты земного шара).- М.:Учпедгиз, 1938. – 376 с.
2. Крамаренко Г.В.Техническая эксплуатация автомобилей/ под ред. Г.В. Крамаренко. - М.: Транспорт, 1983. – 488 с.
3. Халафян А.А.STATISTICA 6. Статистический анализ данных.– М.: Бином-Пресс. - 2007.- 512 с.
4. Codd, Edgar F. Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate // Computerworld. - Т. 27. - № 30. - ISSN 0010-4841.
5. Krzysztof J. Cios,Data Mining: A Knowledge Discovery Approach, Springer 2007. - ISBN 978-0387333335 - Page 127 "4.5 Example Commercial OLAP Tools"

Рецензенты:

Ахметзянова Г.Н., д.п.н., зав.кафедрой «Информационные системы в экономике» Набережночелнинского филиала Института экономики, управления и права, г.Казань.

Астащенко В.И., д.т.н., профессор кафедры «Материалы, технологии и качество» Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) федерального университета, г.Набережные Челны.