

Keywords: urban public passenger transport, the volume of traffic, motor transport enterprise, municipal transport, commercial transport.

References

1. Issue of Omskstat: Omsk Regional Statistical Yearbook: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 1996.
2. Issue of Omskstat: Transport and Communications of the Omsk region: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 1996.
3. Issue of Omskstat: Omsk Regional Statistical Yearbook: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 2006.
4. Issue of Omskstat: Transport and Communications of the Omsk region: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 2006.
5. Issue of Omskstat: Omsk Regional Statistical Yearbook: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 2009.
6. Issue of Omskstat: Transport and Communications of the Omsk region: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 2009.
7. Issue of Omskstat: Omsk Regional Statistical Yearbook: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 2015.
8. Issue of Omskstat: Transport and Communications of the Omsk region: Stat. collection / Omskstat. - Omsk, 2015.
9. Developing assessments and recommendations on the possibility and feasibility of using buses of various capacity for the transportation of passengers in Omsk [manuscript]: report on research work (concluded): 75-00 / SibADI; Head Olkhovskiy S. Yu.; by: Sorokin SV [and etc.]. - Omsk, 2000. - 80 p. - Bibliogr.: pp. 70-71. - GR number 01200108499. - Inv. № 02.20.02 06,763.
10. Monitoring of passenger flow and improve the route network of passenger transport Omsk [Text]: report on research work (concluded) / SibADI; hands. Olkhovskiy S. Yu.; by: Vladimir Shapoval [and etc.]. - Omsk, 2009. - 157 p. - pp. 100-110.
11. Kasper M. E. A study of the commercial sector of public transport of the city of Omsk. *Basic and applied science - the foundation of modern innovation*

system. 2015, pp. 72 – 79
http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD1.pdf

12. Samoylov D.S. *City transport* [textbook]. Moscow, Stroyizdat, 1983. 384 p.

Сорокин Сергей Владимирович (Омск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте», ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sorsvsibadi@mail.ru, 89139757090).

Каспер Мария Евгеньевна (Омск, Россия) – магистрант, направление «Технология транспортных процессов» программа «Организация и управление транспортными процессами», аспирант, научная направленность «Управление процессами перевозок», ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: amka13x689x@mail.ru, 89620383280, 89081060850).

Sorokin Sergey Vladimirovich (Omsk, Russian Federation) – Ph. D. of Economic Sciences, PhD, Associate Professor of «Organization of transportation and transport management», Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 ave, Omsk, Russian Federation, e-mail: sorsvsibadi@mail.ru, 89139757090).

Kasper Maria Evgen'evna (Omsk, Russian Federation) – undergraduate student, direction «Transport processes technology», programm «Organization and management of transport processes», graduate student, the scientific direction «Management of processes of transportations», Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 ave, Omsk, Russian Federation, e-mail: amka13x689x@mail.ru, 89620383280, 89081060850).

УДК 629.1: 656.13

ДОСТОВЕРНОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

А.Н. Чебоксаров
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье рассматриваются различные критерии эффективности диагностирования транспортных и технологических машин. В качестве основного критерия предлагается использовать достоверность технического диагностирования, которая может оцениваться вероятностью правильного диагноза или ошибкой. Ошибки в свою очередь подразделяются на ошибки первого и второго рода, которые имеют статистический характер и зависят от закона распределения случайных значений измеряемых диагностических параметров, погрешностей измерения, поля допуска на величину измеряемого параметра.

Ключевые слова: транспорт, диагностика, эффективность, точность, достоверность, ошибки.

Введение

Система технического диагностирования представляет собой совокупность средств, методов и объекта диагностирования, а также исполнителей, осуществляющих диагностические операции [1].

Основными задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния, поиск (локализация) места отказа (неисправности), определение причины отказа (неисправности), прогнозирование технического состояния.

Результаты технического диагностирования являются основанием для решения вопроса о дальнейшем характере и режиме использования машины [2], времени постановки ее в ремонт, номенклатуре и объеме ремонтно-профилактических работ, включая замену составных частей.

Анализ существующих критериев эффективности процесса технического диагностирования

Эффективность диагностического процесса может оцениваться различными критериями (продолжительность испытаний, общее число проверок или тестов, стоимость их реализаций) только при условиях достаточной точности измерений диагностических параметров и достоверности получаемых при этом результатов.

В ряде работ и исследований критерием эффективности технического диагностирования является его продолжительность. При этом весь процесс диагностирования разделяется на подготовительный, основной и заключительный этапы. Эффективность диагностирования при плановых технических обслуживаниях может определяться по методике профессора И.П. Терских [3].

Экономические показатели позволяют использовать для расчета методику, разработанную в ГОСНИТИ под руководством В.М. Михлина [4, 5, 6]. В основу методики положена зависимость между допускаемыми значениями точности и стоимости, с учетом издержек на диагностирование, техническое обслуживание и ремонт на единицу наработки машины (мото-ч. работы, км. пробега).

Важно отметить, что эффективность

диагностического процесса может оцениваться продолжительностью испытаний, общим числом проверок или тестов, стоимостью их реализации только при условиях достаточной точности измерения диагностических параметров и достоверности получаемых при этом результатов.

Под точностью понимают степень совпадения показаний прибора диагностирования с истинным значением измеряемой величины. Чем меньше эта разница, тем точнее прибор. В качестве истинного значения измеряемого параметра на практике обычно принимают среднее арифметическое значение, полученное в результате серии измерений [7].

Под достоверностью диагностирования понимают количественную оценку степени соответствия полученных результатов и фактического технического состояния объекта. Достоверность диагностирования характеризует то, что полученные результаты измерений в действительности отражают техническое состояние объекта диагностирования [7].

Точность измерения параметров и достоверность технического диагностирования зависят от свойств измеряемых диагностических параметров, методов их измерения, точности измерительных средств, условий, в которых проводят техническое диагностирование, а также квалификации оператора. В свою очередь от точности и достоверности результатов технического диагностирования зависит объективность оценки технического состояния машины, периодичность контрольных проверок, трудоемкость технических обслуживаний и ремонтов, а следовательно, эксплуатационные затраты, в том числе и на техническое диагностирование [7].

Оценка эффективности технического диагностирования с помощью критерия достоверности

Из приведенных показателей оценки эффективности процесса диагностирования наиболее существенным является достоверность диагностирования. Она может оцениваться вероятностью правильного диагноза или ошибкой. Для такой оценки рассмотрим диаграмму результатов диагностирования, приведенную на рисунке 1.

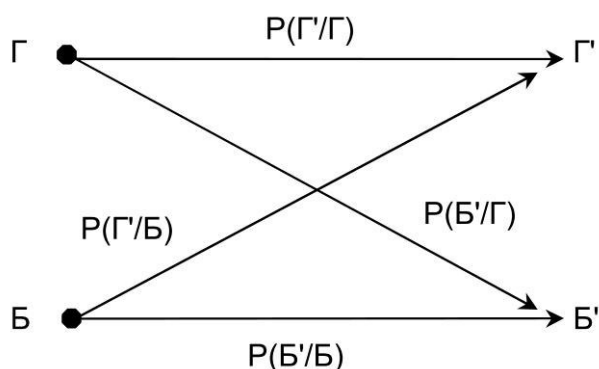


Рис.1. Диаграмма результатов диагностирования: Γ , Б – исходное состояние диагностируемого объекта (соответственно исправен или неисправен), Γ' , $\text{Б}'$ – вывод о его состоянии после диагностического эксперимента

Как видно из диаграммы, возможны четыре типа решения:

- исходно (априорно) исправный объект после испытаний признается исправным с вероятностью $P(\Gamma'/\Gamma)$;

- априорно неисправный объект после испытаний подтверждает свое состояние с вероятностью $P(\text{Б}'/\text{Б})$;

- исправный объект после экспериментов ошибочно признается неисправным с вероятностью $P(\text{Б}'/\Gamma)$;

- неисправный объект после диагностирования ошибочно принимается годным с вероятностью $P(\Gamma'/\text{Б})$.

Первые два решения правильны, другие два – ошибки.

Решение об исправности объекта при его фактической неисправности (браковке годного агрегата, узла) назовем ошибкой I рода.

$$P_I = P(\Gamma'/\text{Б}), \quad (1)$$

Решение противоположного характера (пропуску дефектного агрегата, узла) назовем ошибкой II рода.

$$P_{II} = P(\text{Б}'/\Gamma), \quad (2)$$

Предположим, что диагностический параметр x должен иметь номинальное значение x_n , заложенное в технических характеристиках диагностируемого объекта. Кроме номинального значения задается поле допуска Δx в виде минимального x_{min} и максимального x_{max} значений $(x_{min} - x_{max}) = \Delta x$.

Для оценки ошибок представим диагностический параметр x как случайную величину, описываемую плотностью распределения вероятности $P(x)$. При этом необходимо рассматривать две плотности распределения: для исправного состояния $P_\Gamma(x)$ и неисправного состояния $P_\text{Б}(x)$. Эти распределения могут иметь вид, представленный на рисунке 2.

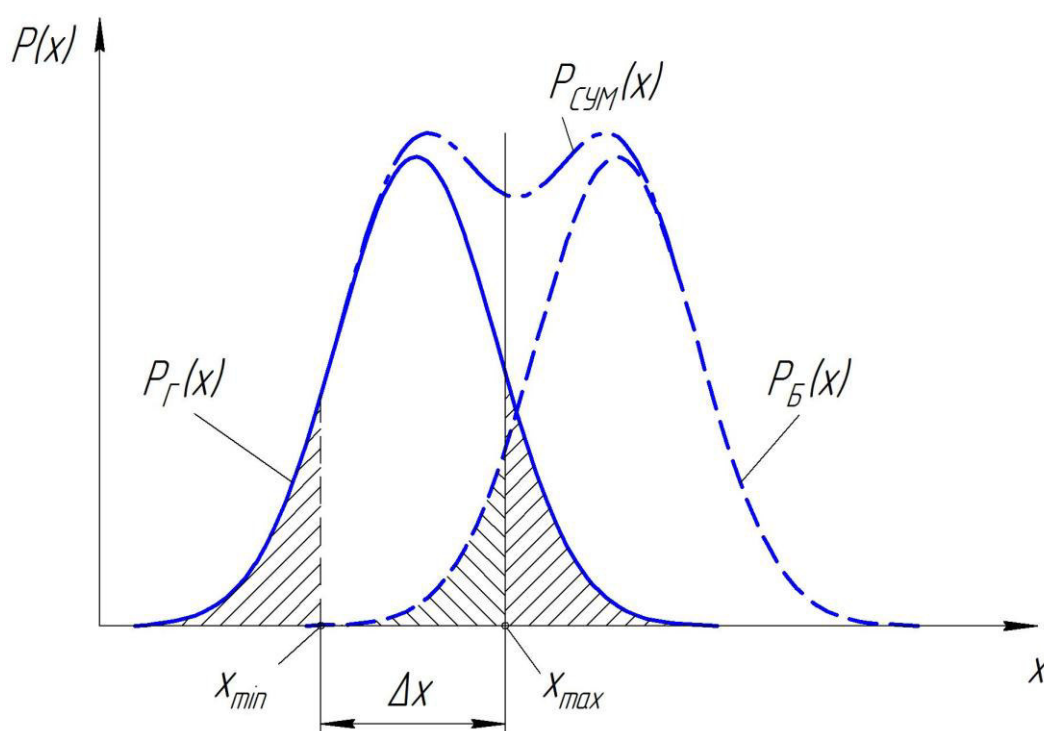


Рис. 2. Плотность распределения вероятности диагностического параметра x

Результирующее распределение принимает вид $P_{СУМ}(x)$.

При исправном объекте и границах $[x_{min}; x_{max}]$ вероятность правильного решения $P(\Gamma'/\Gamma)$ определяется интегралом от плотности распределения в выбранных границах

$$P(\Gamma'/\Gamma) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} P_{\Gamma}(x) dx. \quad (3)$$

Ошибка в принятии решений определяется первыми двумя составляющими в (4): отбрасываемой в распределении частью, не входящей в диапазон Δx и частью вероятности от распределения $P_{\Gamma}(x)$

$$P_{II} = P(B'/\Gamma) = \int_{-\infty}^{x_{min}} P_{\Gamma}(x) dx + \int_{x_{max}}^{\infty} P_{\Gamma}(x) dx + \int_{x_{min}}^{x_{max}} P_{\Gamma}(x) dx. \quad (4)$$

Здесь каждый из интегралов соответствует одной из заштрихованных областей (см. рис. 2).

Ошибка I рода, т.е. $P(\Gamma'/B)$ оценивается только третьим интегралом из (4)

$$P_I = P(\Gamma'/B) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} P_{\Gamma}(x) dx. \quad (5)$$

Даже из общего рассмотрения задачи, очевидно, что ошибка зависит от видов распределения параметров $P_{\Gamma}(x)$ и $P_{\Gamma}(x)$, от соотношения их математических ожиданий и от ширины зоны допуска Δx . При увеличении разности математических ожиданий $(m_{\Gamma} - m_{\Gamma})$ вероятность ошибки снижается. Расширение зоны допуска Δx уменьшает значения двух первых интегралов в выражении (4), но увеличивает третий член. Вследствие этого, соответственно увеличивается ошибка первого рода P_I . Кроме того, из выражений (4) и (5) следует, что решаемая диагностическая задача несимметрична, т.е. в любом случае выполняется условие $P_{II} > P_I$. В принципе, учитывая преимущественную разницу между P_{II} и P_I для транспорта, это особого значения не имеет.

Ошибки первого и второго рода всегда обусловлены многочисленными факторами, их количественные характеристики имеют статистический характер и определяются вероятностями P_I и P_{II} , которые в свою очередь зависят от закона распределения случайных значений измеряемых диагностических параметров, погрешностей измерения, поля допуска на величину измеряемого параметра и других факторов.

В общем случае критерий достоверности технического диагностирования можно определить как [8]

$$D = 1 - (P_I + P_{II}). \quad (6)$$

Ошибки первого рода приводят к неоправданным разборочно-сборочным работам и проверочным операциям, простоям машины, снижению коэффициента ее использования в сменное время. Немаловажным фактором в пользу уменьшения ошибок первого рода является то, что любая разборочно-сборочная операция, даже если отдельные детали агрегата или узла не ремонтируется, снижает их срок службы до 20%.

Ошибки второго рода уже связаны с возможными простоями автомобиля на линии или, что особенно опасно, с возможными дорожно-транспортными происшествиями. Кроме того, ошибки второго рода, допущенные при оценке технического состояния таких агрегатов, как двигатель, а также системы, обеспечивающие его работу, приводят к увеличению затрат на эксплуатацию из-за увеличенного расхода топлива, снижают производительность машин, ухудшают экологические показатели.

Заключение

Таким образом, для оценки эффективности технического диагностирования транспортных и технологических машин могут использоваться различные критерии. Одним из основных критериев наряду с точностью измерения диагностических параметров может служить достоверность, которая отражает степень соответствия полученных результатов и фактического технического состояния. При определении достоверности основная задача сводится к нахождению ошибок первого и второго рода. Для нахождения ошибок первого и второго рода необходимо использование вероятностных методов при этом измеряемый диагностический параметр необходимо представить в виде плотности распределения вероятности для двух состояний

объекта (исправного состояния и неисправного состояния). Величина ошибок первого и второго рода будет зависеть от соотношения математических ожиданий, от ширины зоны допуска измеряемого параметра, а также закона распределения измеряемой величины.

Библиографический список

1. Техническая диагностика строительных, дорожных и коммунальных машин: Учебное пособие / В.И. Иванов, В.Н. Кузнецова, Р.Ф. Салихов, Е.А. Рыжих. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – Часть 1. Теоретические основы технической диагностики СДКМ. – 132 с.
2. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация): Учеб. пособие для вузов по направлению "Эксплуатация назем. тр-та и трансп. оборудования" / В.Б. Пермяков, В.И. Иванов, С.В. Мельник и др.; Под ред. В.Б. Пермякова; СибАДИ. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 437 с.
3. Терских И.П. Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1987. – 312 с.
4. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
5. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш. учеб. Заведений / [А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.
6. Аллилуев В.А., Ананьин А.Д., Михлин В.М. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Агропромиздат, 1991. – 367с.
7. Чебоксаров, А.Н. Совершенствование технических средств диагностирования двигателей силовых установок и гидроагрегатов дорожно-строительных машин: дис... канд. техн. наук: 05.05.04 / А.Н. Чебоксаров. – Омск, 2011. – 173 с.
8. Сергеев А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобилей. М.; Транспорт, 1980. – 188 с.

RELIABILITY AS A CRITERION OF EFFICIENCY OF DIAGNOSTICS OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

A.N. Cheboksarov

Abstract. This article discusses various efficiency criteria for diagnosis of transport and technological machines. As the main criterion it is proposed to use the reliability of technical diagnostics, which can be evaluated by the probability of a correct diagnosis or error. The errors in turn are subdivided into errors of the first and second kind, which have statistical nature and depend on various factors.

Keywords: transport, diagnosis, efficiency, precision, reliability, error

References

1. Ivanov V.I., Kuznecova V.N., Salihov R.F., Ryzhih E.A. *Tekhnicheskaja diagnostika stroitel'nyh, dorozhnyh i kommunal'nyh mashin* [Technical diagnostics of construction, road and municipal machines]. Omsk: Izd-vo SibADI, 2006. 132 p.
 2. Permjakov V.B., Ivanov V.I., Mel'nik S.V. *Tekhnologicheskie mashiny i komplekсы v dorozhnom stroitel'stve (proizvodstvennaja i tekhnicheskaja jekspluacija): Ucheb. posobie dlja vuzov po napravleniju "Jekspluacija nazem. tr-ta i transp. oborudovanija"* [Technological machines and complexes in road construction (production and technical operation)]. Omsk: Izd-vo SibADI, 2007. 437 p.
 3. Terskih I.P. *Funkcional'naja diagnostika mashinno-traktornyh agregatov* [Functional diagnostics of machine-tractor units]. Irkutsk. 1987. 312 p.
 4. Mihlin V.M. *Upravlenie nadezhnost'ju sel'sko-hozjajstvennoj tehniki* [Management of reliability of agricultural machinery]. Moscow. 1984. 335 p.
 5. Anan'in A.D., Mihlin V.M., Gabitov I.I. *Diagnostika i tekhnicheskoe obsluzhivanie mashin: uchebnik dlja studentov vyssh. ucheb. Zavedenij* [Diagnostics and maintenance of machines]. Moscow. Izdatel'skij centr «Akademija», 2008. 432 p.
 6. Alliluev V.A., Anan'in A.D., Mihlin V.M. *Tekhnicheskaja jekspluacija mashinno-traktornogo parka* [Technical operation of the engine and tractor park]. Moscow. Agropromizdat. 1991. 367 p.
 7. Cheboksarov, A.N. *Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv diagnostirovanija dvigatelej silovyh ustanovok i gidroagregatov dorozhno-stroitel'nyh mashin. dis. kand. tehn. Nauk* [Improvement of technical means of diagnosing the engines of the power plant and generating units of road-building machines]. Omsk, 2011. 173 p.
 8. Sergeev A.G. *Tochnost' i dostovernost' diagnostiki avtomobilej* [The accuracy and reliability of diagnostics of cars]. Moscow. Transport, 1980. 188 p.
- Чебоксаров Алексей Николаевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: chan23@inbox.ru).
- Cheboksarov Aleksej Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor «Operation and car repairs» The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: chan23@inbox.ru).