

Дотоод шаталтын хөдөлгүүрийн тосны сонголт, нөөц тогтоох судалгаа

Ишдоржийн Доржсүрэн*, Гончигдоржийн Энхбаяр

Инженер, технологийн сургууль, ХААИС, Зайсан 17024, Улаанбаатар

*Холбоо барих зохиогч: dorjsuren@muls.edu.mn

 - <https://orcid.org/0000-0001-8030-8264>

Хүлээн авсан: 14.11.2020

Хянасан: 26.01.2021

Хэвлэлтэд орсон: 12.02.2021

Хураангуй

Манай орны зах зээлд өргөн худалдаалагдаж буй 30 нэр төрлийн дотоод шаталтын хөдөлгүүрийн тосны трибологийн зарим үзүүлэлтүүдийг судалж, тэдгээрийг давуу, ашигтай байдлаар нь 2 бүлэгт эрэмблэн ангилж орлуулан хэрэглэх боломжийг тогтоов. Монгол Улсын аж ахуйн нэгж, иргэд сүүлийн жилүүдэд үнэ, өртөг ихтэй импортоор орж ирж буй “Ланд крузер-200” автомашиныг жилд 2000-аас дээш тоогоор худалдан авч эх орны өнцөг булан бүрт өргөн ашиглаж байна. Байгаль, цаг уурын эрс тэс байдал, зам харгуйн тааруу нөхцөл нь манай орны хувьд гадаадаас оруулж ирсэн суудлын автомашиныг ашиглалтын хугацаанд эвдрэл гэмтэлгүй, нөөцийг нь бүрэн ашиглуулах зорилгоор хөдөлгүүрийн тосыг тогтоосон үечлэлд тос солих, оношилгоо, техникийн үйлчилгээ хийх хугацаа зэргийг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тогтоов. Хөдөлгүүрийн ажилласан тосонд илэрсэн металл элементүүдийн агууламж, утааны найрлага дахь хорт хийн хэмжээгээр хөдөлгүүрийн нөөцийн хэтийн төлөвийг тодорхойлох загвар гаргав.

Түлхүүр үг: Хөдөлгүүрийн тос, үрэлт, элэгдэл, эдэлгээний нөөц

Оршил

Аливаа машин техник, тэдгээрийн агрегат, зангилаа, эд ангийн удаан эдлэхүй, найдварт ажиллагааг хангах, ашиглалтын үр ашгийг дээшлүүлэх гол хүчин зүйлүүдийн нэг нь үрэлт элэгдлийг бууруулах, тосолгоо, тосолгооны материалын зохимжтой сонголт байдаг нь түүний үүрэг, ач холбогдол өндөр юм [1]. Автомашин эзэмшигчид нь үйлдвэрлэгчдээс тогтоосон зориулалтын тос, тэдгээрийг орлуулан хэрэглэх хувилбарыг тэр бүр мэддэггүйгээс өөрсдийн эзэмшлийн үнэт хөрөнгийн эдэлгээний нөөцийг зохиомлоор бууруулж эдийн засгийн хохирол амсч байна. Хөдөлгүүрийг үйлдвэрлэгчээс заасан бүрэн нөөц, гүйлтэд

хүргэж ашиглахад хөдөлгүүрийн тосны зөв сонголт, хэрэглээг хэвшүүлэх шаардлагатай байна.

Монгол орны нөхцөлд ашиглагдаж буй “Ланд крузер-200” автомашины хөдөлгүүрийн эдэлгээний нөөцийг утааны тортогжилт, хорт хийн хэмжээгээр тодорхойлох номограмм зохиов.

Дээрх марк бүхий суудлын автомашины хөдөлгүүрийн нөөцийг тосонд агуулагдах металл элементүүдийн агууламж болон хорт хий ялгаруулах хэмжээгээр тогтоох зааварчилга зохиож “зохиогчийн эрх” авсан.

Судалгааны ажлын материал, арга зүй

Судалгаа, туршилтын ажлыг ХААИС-ийн ИТС-ийн “Трибологи”-ийн лаборатори, “Техномикс Монголиа” ХХК-ний “шатах тослох материал”, БНХАУ-н “NCS” компанийн тос, тосолгооны материалын лабораториудыг тус тус түшиглэж

хийсэн. Монгол Улсын зах зээлд түгээмэл худалдаалж буй 30 нэр төрлийн хөдөлгүүрийн тос сонгож **ASTM D:4172B** стандартын дагуу трибологийн зарим үзүүлэлтийг лабораторийн туршилтаар тодорхойлсон. Практик туршилыг

MNS5013-2009, MNS5014-2009 стандартуудын дагуу гүйцэтгэж бензин, дизель хөдөлгүүртэй Судалгааны ажлын үр дүнг задлан шинжлэх, нэгтгэн дүгнэж боловсруулахад Microsoft excel,

автомашин утааны найрлага дах хорт бодис, тортогжилт зэргийг хэмжсэн. Matlab, Statstica-10 зэрэг программуудыг ашигласан.

Судалгааны үр дүн

1. Хөдөлгүүрийн тосонд хийсэн лабораторийн шинжилгээний үр дүн

Янз бүрийн орноос импортоор орж ирсэн бензин ба дизель хөдөлгүүртэй суудлын автомашинд хамгийн өргөн ашиглагдаж буй хөдөлгүүрийн тосны ачаалал даах чадвар, ачаалалд ажиллах үед туршилтын холхивчны гадаргууд үүсэх

элэгдлийн хэмжээ, үрэлтийн коэффициентуудыг лабораторт тодорхойлж, үзүүлэлтүүдийн давуу байдлаар нь хоёр бүлэгт хуваан 1 дүгээр хүснэгтэд үзүүлэв. Нэгдүгээр бүлгийн тоснуудыг нэн тэргүүнд хэрэглэхийг зөвлөж буй бөгөөд хоёрдугаар бүлгийн тоснуудыг өмнөх бүлгийн тос байхгүй нөхцөлд орлуулан хэрэглэж болно.

Table 1

Grouping of engine oils by tribological characteristics

Үзүүлэлт	Ачаалал даах чадвар, Н		Элэгдлийн хэмжээ, мм		Үрэлтийн коэффициент	
	800-900	600-700	0.5-0.8	0.9-1.3	0.001-0.005	0.006-0.009
Бүлэг	I	II	I	II	I	II
Тосны нэр	-Mitsasu	-Magnatec	-Shell	-GTX	-Mitsasu	- Gastrol
	-Addeca	- Havoline	-Gastrol	-Motor	-Addeca	- GTX
	-Micking	-76 motor oil	-Mannol	Gold	-Micking,	- Kixx
	-Kendall GT	-Zic	Elite	-Magnatec	-Kendall GT	-Motor Gold
	-Toyota	-Deluxe	-Abro	-Havoline	-Toyota	-Mobile
	OEM	-Brilltex	-Maxxpower	-Mobile	OEM	super-1000
	-Abro	-Lucas	-Toyota	super-1000	- Abro	-Brilltex
	-Mannol	-Shell	OEM	-Kixx	-Mannol	-Micking
	Elite -Motor	-Mobile	-Ardeca		Elite	-Guadol
	Gold	-Dragon	-Mitsasu		-Motor Gold	
	-Luqui moly	-Kixx	-Xteer		-Eneos	
	-Eneos	- Gastrol				

2. Дизель хөдөлгүүртэй автомашины хөдөлгүүрийн тосонд хийсэн туршилтын үр дүн

Туршилтанд 2007-2019 оны хооронд үйлдвэрлэгдсэн автомашинуудыг хамруулав. Судалгаанд хамруулсан автомашинаас 1000, 5000, 10000 гэх мэтээр 5000-10000 км тутамд тосны дээж авч хөдөлгүүрийн тосонд илэрсэн металл элементүүдийн (Fe, Cr, Cu, Sn, Al) хэмжээг тодорхойлж, судалгааны үр дүнд

matlab программ ашиглан математик боловсруулалт хийж загвар гаргав. Суудлын автомашины гүйлтээс элэгдлийн бүтээгдэхүүний өсөлт хэрхэн хамаарах хамаарлыг регрессийн шинжилгээний аргаар тогтоолоо. Хөдөлгүүрийн тосонд илэрсэн төмөр (Fe), хөнгөн цагааны (Al) хэмжээ нь авто машины гүйлтээс хамаарсан регрессийн тэгшитгэл, детерминацын коэффициентыг үзүүлэв (1 дүгээр зурагт төмөр, 2 дугаар зурагт хөнгөн цагаан).

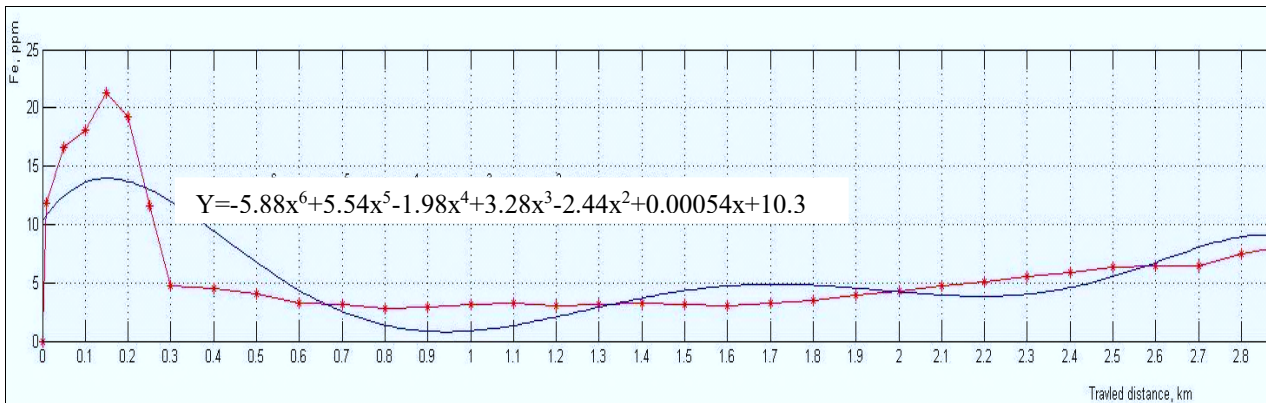


Figure 1. The amount of iron in diesel engine oil

Дээрх зургаас харахад хөдөлгүүр 30.000км хүртлэх гүйлттэй үед хөдөлгүүрийн тосонд илэрсэн төмрийн хэмжээ (21.9ppm) байна. Харин 30.000км гүйлтээс хөдөлгүүрийн тосонд агуулагдах төмрийн (Fe) хэмжээ буурсаар 90.000км гүйлттэй үед (2.9ppm) утга авч цаашид тогтворжоор 280.000км гүйлтээс эхлэн хөдөлгүүрийн тосонд илрэх төмрийн (Fe) хэмжээ

ихсэх төлөв харагдаж байна. Түүнчлэн 280.000км-ээс хойш хөдөлгүүрийн тосонд агуулагдах төмрийн (Fe) хэмжээ ихсэж байна. Энэ үед химийн найрлагаараа төмрийн агууламж баялаг тосыг сонгож хэрэглэх нь тохиромжтой юм. Дээрх зураг нь бүхэлдээ элэгдлийн онолын ерөнхий зүй тогтолтой тохирч байна.

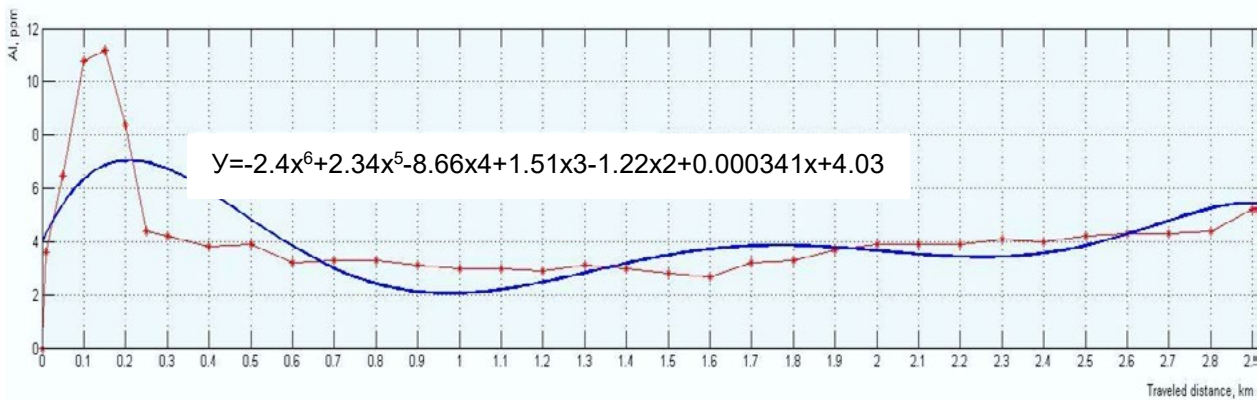


Figure 2. The amount of aluminum in diesel engine oil

Хөдөлгүүрийн тосонд илэрсэн хөнгөн цагааны хэмжээ 15.000км гүйлт хүртэл өсөж (11.2 ppm), 230.000 км гүйлтээс нэмэгдэж (3ppm) болсон байна.

2.1 Дизель хөдөлгүүрийн утааны найрлага дахь тортогжилт хэмжсэн дүн

Туршилт, хэмжилтийг арга зүйн дагуу авч хэмжилтийн үр дүнг 2 дугаар хүснэгтэд үзүүлэв.

Table 2

Vehicle aging and amount of soot		
Насжилт, жил	Үйлдвэрлэсэн он	Тортогжилт, %
2	2018-2017	12.32
4	2016-2015	14.11
4	2016-2015	12.56
6	2014-2013	14.66
8	2012-2011	17.54
10	2010-2009	26.6
12	2008-2007	36.11

Дээрх хүснэгтээс харахад утааны тортогжилт нь автомашины насжилт нэмэгдэх тутам ихсэх хандлагатай байна.

Статистик боловсруулалтын STATSTICA-10 программыг хэрэглэн гарган авсан математик загварын нийцтэй байдлыг Колмогоров-Смирновын Dn - шалгуураар шалгасан.

Дизель хөдөлгүүрийн тортогжилтийг тодорхойлсон судалгааны үр дүнг компьютерийн Microsoft Excel программ ашиглан боловсруулалт хийж математик загвар гаргав. Автомашины утааны тортогжилтын хувь насжилтаас полиномиал хамааралтай болохыг тогтоов (3 дугаар зураг).

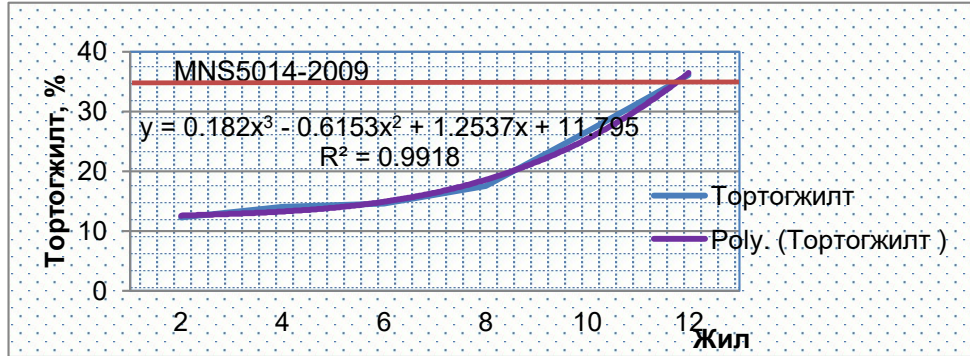


Figure 3. Correlation between the age and soot of the surveyed vehicles

Дээрх зурагт үзүүлсэн график, регрессийн тэгшитгэлээс үзвэл “Ланд крузер-200” автомашины насжилтаас утааны тортогжилт нь куб зэргийн муруй шугаман хамааралтай болохыг харуулж байна.

$$y = 0.182x^3 - 0.6153x^2 + 1.2537x + 11.795$$

Суудлын автомашины ажилласан тосонд илэрсэн металл элементүүд, утааны найрлага дахь бохирдуулагч бодисын хэмжээ нь автомашины гүйлтээс хамаарч эрчимтэй

өөрчлөгдөж буйд үндэслэн дизель хөдөлгүүрийн техникийн үлдэгдэл нөөцийг тогтоох номограмм боловсруулав (4 дүгээр зураг).

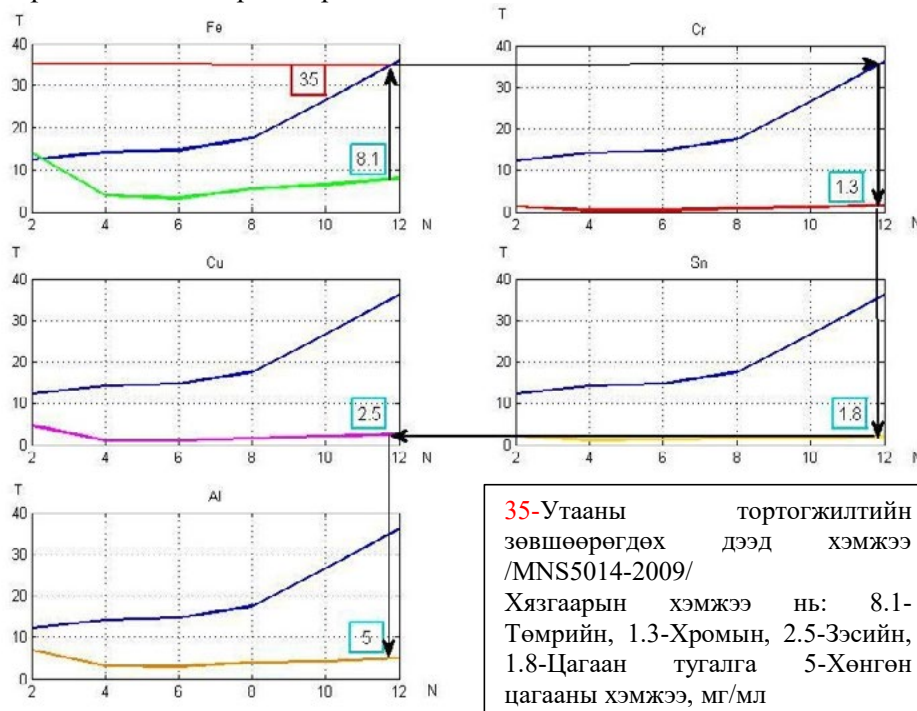


Figure 4. Nomogram to determine the lifespan of a diesel engine by the amount of metal in the flue gas and the oil used

Энэ номограм зөвхөн дизель хөдөлгүүртэй “Ланд крузер-200” маркийн автомашинд ашиглагдана.

3. Бензин хөдөлгүүртэй автомашины хөдөлгүүрийн тосонд хийсэн туршилтын үр дүн

Хөдөлгүүрийн тосонд лабораторийн шинжилгээ хийж металл элементүүдийн (Fe, Cr, Cu, Sn, Al) илэрсэн хэмжээ, математик загварыг тогтоож 5 ба 6 дугаар зурагт үзүүлэв.

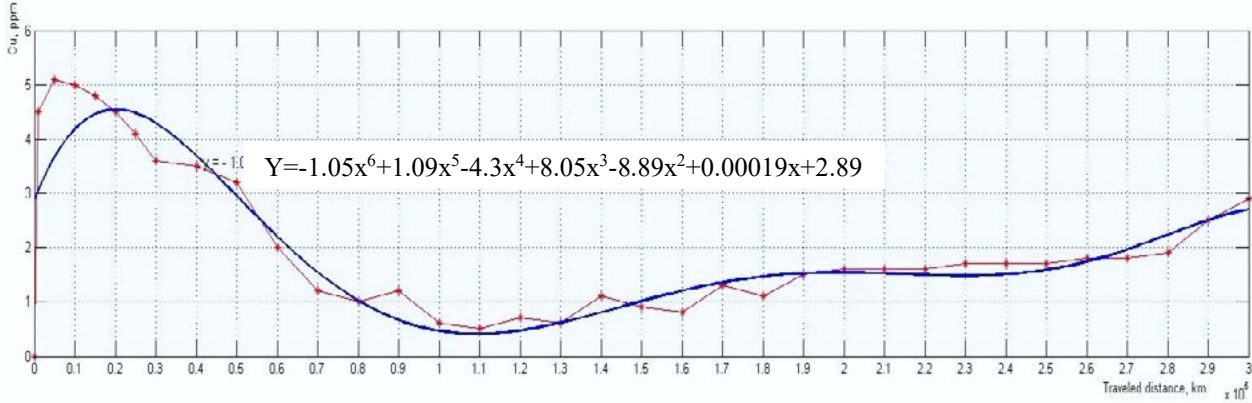


Figure 5. The amount of copper in gasoline engine oil

Хөдөлгүүрийн тосонд илэрсэн зэсийн хэмжээ 5.000 км гүйлтэд (5.1 ppm), цаашид буурч 50.000 км гүйлтээс тогтворжиж (1.0ppm) байна. Харин 290.000 км гүйлттэй байх үеэс зэсийн хэмжээ (2.5

ppm) болж огцом ихсэж байгаа нь найрлагадаа зэс орсон хөдөлгүүрийн эд ангиудаас элэгдэл эрчимтэй үүсэж байгааг илэрхийлж байна.

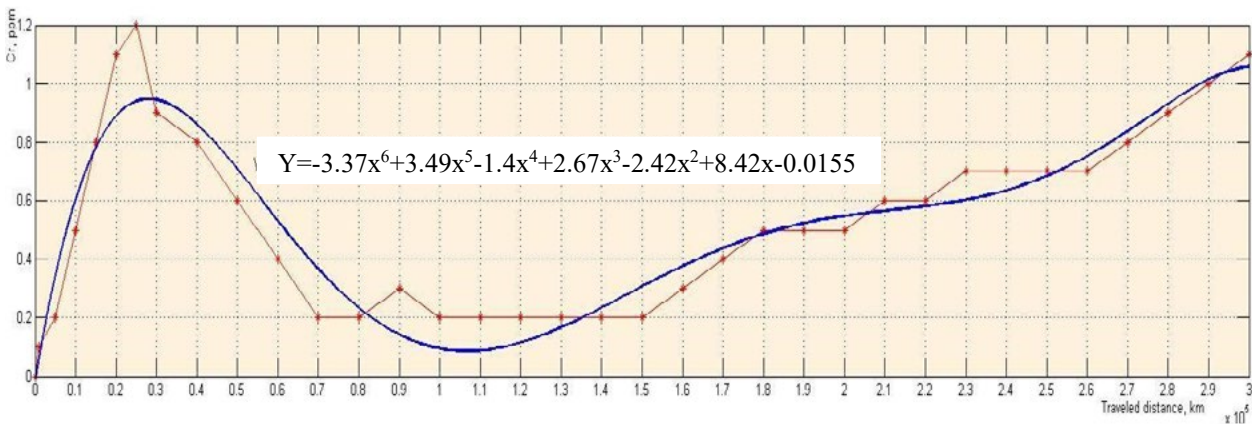


Figure 6. The amount of chromium in gasoline engine oil

Дээрх зургаас харахад хөдөлгүүр 25.000км хүртлэх гүйлттэй үед хөдөлгүүрийн тосонд илэрсэн хромын хэмжээ (1.2ppm) байна. Харин 30.000км гүйлтээс хөдөлгүүрийн тосонд агуулагдах хромын хэмжээ буурсаар 70.000км

гүйлттэй үед бага (0.2ppm) утга авч цаашид тогтворжоор 270.000км гүйлтээс эхлэн хөдөлгүүрийн тосонд илрэх хромын хэмжээ ихэссэн.

3.1. Бензин хөдөлгүүртэй автомашины утааны найрлага дахь хорт хийг хэмжсэн дүн
Туршилт, хэмжилтэнд 2007-2018 оны хооронд үйлдвэрлэгдсэн бензин хөдөлгүүртэй “Ланд крузер-200” автомашины утааны найрлага дахь

бохирдуулагч бодис болох нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO), нүүрсүстөрөгчийг (CH) хэмжиж дундаж утгуудыг 3 дугаар хүснэгтэд үзүүлэв.

Table 3

The amount of pollutants in the exhaust of passenger cars

Насжилт	Үйлдвэрлэсэн он	CO	CH
2	2018-2017	0.11	13
4	2016-2015	0.13	19
4	2016-2015	0.12	13.5
6	2014-2013	0.23	24
8	2012-2011	0.32	31
10	2010-2009	0.76	28
12	2008-2007	1.81	33

“Ланд крузер-200” маркийн суудлын автомашины насжилт, утааны найрлага дахь CO-н хамаарал, математик загварыг (7 дугаар зурагт) үзүүлэв.

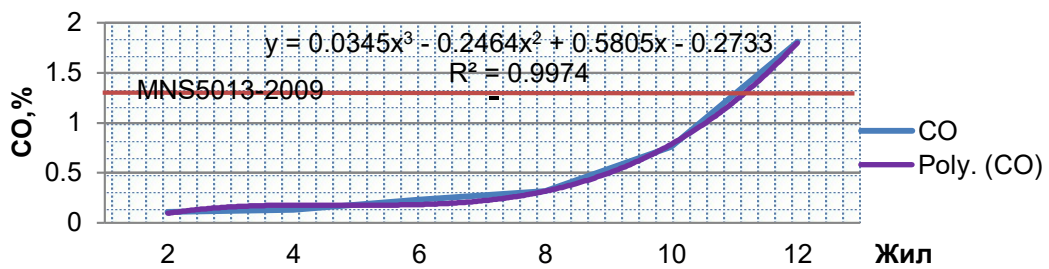


Figure 7. Dependence of CO on vehicle aging and exhaust composition

Дээрх зурагт суудлын автомашины утааны найрлага дахь хорт бодисын хэмжээ дараах хамаарлаар өсч байгааг тогтоов.

$$y = 0.0345x^3 - 0.2464x^2 + 0.5805x - 0.2733$$

Судалгааны ажлын үр дүнд гаргаж авсан хөдөлгүүрийн эдэлгээний нөөцийг ажилласан тосонд илэрсэн металл элемент, утааны найрлага дахь хорт бодисын хэмжээгээр тодорхойлсон хамаарлуудыг ашиглан байгуулсан номограммыг харуулав (8 дугаар зураг).

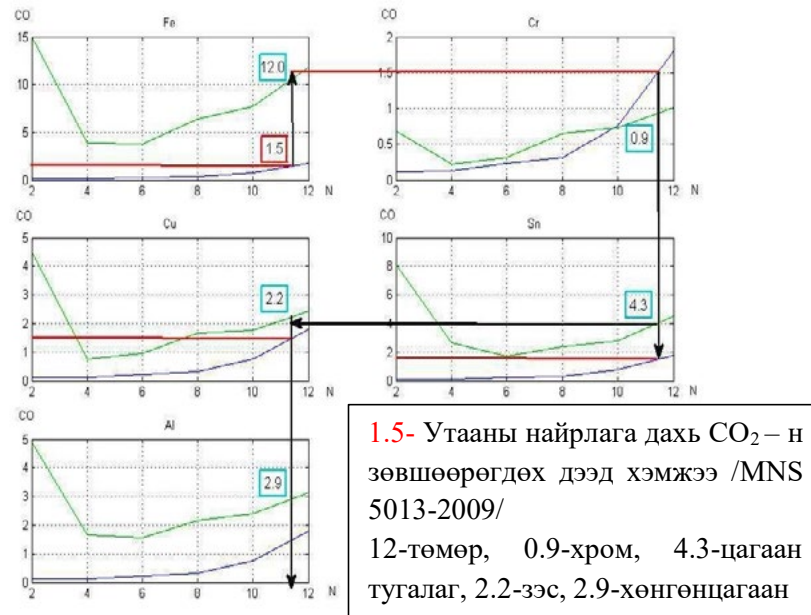


Figure 8. Nomogram to determine the service life of gasoline engines by emissions and the amount of metal in the oil

Дээрх зурагт үзүүлсэн номограмм нь “Ланд крузер-200” автомашины хөдөлгүүрийн тосонд илэрсэн металл элемент, утааны найрлага дахь

хорт бодисын зөвшөөрөгдөх хэмжээгээр хязгаарласан хүрээнд ашиглагдана.

Дүгнэлт

1. “/Toyota OEM/ SAE 5W30” ба “/Elite Mannol/ SAE 5W40” маркийн тоснуудад ачаалал даах чадвар нь 900Н, үрэлтийн коэффициент нь үлэмж бага буюу 0.005, элэгдлийн оромны хэмжээ нь 0.705 мм гэж тус тус гарсан нь судалгаанд хамрагдсан бусад тоснуудаас давуу байгаа нь сонгох нөхцөл болов.
2. Монгол оронд ашиглагдаж буй “Ланд крузер-200” маркийн автомашины зүгшрүүлэлтийн үеийг 15000,0км, найдварт ажиллагааны гүйлтийг 300000 км орчимд, анхны засварт орох үеийг 350000 км гүйлтээс хэтрэхгүй болох нь тус тус тогтоогдов.


Ашигласан хэвлэлийн жагсаалт

1. Г.Даваасүрэнгийн “Дотоод шаталтат хөдөлгүүрийн тосны трибологийн үзүүлэлтийн судалгаа” нэг сэдэвт бүтээл 2015 он.
2. Ч. Авдай, Д. Энхтуяа нар “Судалгаа шинжилгээний арга зүй” УБ 2013 он.
3. Ч. Авдай, Г. Гантулга, Р. Марчак, “Түлш, тосолгооны материал, техникийн ашиглалтын шингэний зориулалт, хэрэглээ” УБ 2002 он.
4. Т. Нигамет “Дотоод шаталтын хөдөлгүүрийн онолын үндэс” УБ, 2009 он
5. R.R. Malagim, S.N.Kurbet and R.Krishnakumar, “A Comprehensive Model to Study the Dynamic Motion of Piston and Friction and Lubrication in I.C.Engine,”SAE Technical.

3. Судалгааны ажлын үр дүнд бий болсон номограммыг ашиглан “Ланд крузер-200” автомашины гүйлт, тосонд илэрсэн металлын хэмжээ, утааны найрлага дахь хорт бодисын хэмжээг шууд тогтоох боломж бүрдэв.
4. Монгол орны нөхцөлд ашиглагдах “Ланд крузер-200” автомашины хөдөлгүүрт нэгдүгээр бүлгийн “/Toyota OEM/ SAE 5W30”, “/Elite Mannol/ SAE 5W40” маркийн тоснуудыг нэн тэргүүнд хэрэглэх, бололцоогүй тохиолдолд орлуулан ашиглаж болох бусад тосны жагсаалтыг хэрэглэгчид зөвлөмж болгох ач холбогдолтой боллоо.

6. Prof. A. D. Dongare, Prof. G. J. Vikhe Patil, The Standard Test Method for Measurement of Extreme Pressure Properties of Various Lubricating oils by Using Four Ball Extreme Pressure oil Testing Machine. 2012.
7. V.K. Varma, A.Bhattacharya, T.Singh, A. P. Singh and R. Singh (Center for Tribology, Deptt. Of Applied Chemistry, Institute of Technology, Banaras Hindu University, and Varanasi - 5) “A Tribological Study in Wear and Friction Reduction Using Certain N, S and O. Containing Hetrocyclic compounds as potential E.P. Additives”.
8. Гаркунов Д. Н. “Триботехника износ и безызносность” 2001

Oil selection and resources of internal combustion engine

Dorjsuren Ishdorj* , **Enkhbayar Gonchigdorj**

School of Engineering and Technology, Mongolian University of Life Sciences, Zaisan 17024, Ulaanbaatar, Mongolia

*Corresponding author: dorjsuren@mul.edu.mn

 - <https://orcid.org/0000-0001-8030-8264>

Received: 14.11.2020

Revised:26.01.2021

Accepted: 12.02.2021

Abstract

We have studied some of the tribological parameters of 30 types of internal combustion engine oils widely sold in the Mongolian market and determined that they can be used in two groups according to their advantages. In recent years, more than 2,000 “Land Cruiser-200” cars worth 160.0-250.0 million MNT have been imported and used in traffic in every corner of Mongolia. Therefore, in the case of our country with extreme natural and climatic conditions, the Land Cruiser-200 imported from abroad has not been damaged during its service life, and in order to fully utilize the resources, we determined the period for proper selection and use of engine oil, replacement, diagnostics and maintenance. Moreover, we was developed a model to determine the possibility of the engine stock by using the amount of toxic gas in smoke composition, and using the content of metallic elements found in the engine oil.

Keywords: Engine oil, friction, wear, engine stock