



Дотоод шаталтат хөдөлгүүрийн тос солих хугацааг оновчлох нь

Г.Даваасүрэн, Г.Гантулга *

Инженер, технологийн сургууль, ХААИС, Улаанбаатар, Монгол Улс

*Холбоо барих хаяг: gantulga@muls.edu.mn

ХУРААНГУЙ

Машин ашиглагчдын хувьд тухайн хөдөлгүүрийн ажиллагаанд сөрөг нөлөө үзүүлэх ашиглалтын горимыг судалж, түүний хор нөлөөг багасгах болон ашиглалтын өвөрмөц нөхцөлд тохируулан хөдөлгүүрийн найдварт ажиллагааг ханган зөв, ашигтай ажиллуулах чадвартай байх нь асар их ач холбогдолтой юм. Аливаа машин техник, тэдгээрийн агрегат, зангилаа эд ангийн удаан эдлэхүй, найдвартай ажиллагааг хангах, ашиглалтын үр ашгийг дээшлүүлэх гол хүчин зүйлүүдийн нэг нь тосолгооны чанар байдаг учраас дотоод шаталтат хөдөлгүүрийн ашигласан тосон дахь металлын агууламжыг илрүүлж, эд ангийн элэгдлийн явцыг тодорхойлон, тос солих хугацааг оновчлох асуудлыг судалгааны хүрээнд авч үзлээ.

ТҮЛХҮҮР ҮГ: Хөдөлгүүрийн ашигласан тосны шинжилгээ, металл хольц, тосны бохирдол, тортог, элэгдлийн элементийн хязгаар

ОРШИЛ

Манай орны Уул уурхай, ХАА-н салбарт ашиглаж байгаа техник технологи нь ил гадаа талбайд хүрээлэн буй орчны шууд нөлөөллийн дор ажилладаг учраас Монгол орны байгаль цаг уурын онцлогоос шууд хамааралтай байдаг [1]. Дэлхийн уур амьсгалын машин техникт зориулсан мужлалаар манай орон дунд өргөргийн сэрүүн бүсийн ангид хамаарах бөгөөд жилийн дөрвөн улирлын цаг агаарын ялгаа, говь хангайн хэлбэлзэл ихтэй уур амьсгалын хахирлаг хүйтэн, хуурай халуун үйлчлэлд өртөж байдаг. Дотоод шаталтат хөдөлгүүр ажиллаж байх үед органик болон органик бус

хольцоос шалтгаалж хөдөлгүүрийн тосны бохирдол явагддаг. Органик хольц нь шатах хөндийгөөс орж байгаа дутуу шатсан түлш, ус, хүхэр хар тугалгын нэгдэл зэрэг юм. Органик бус хольц нь тоосонцорын жижиг хэсгүүд, эд ангийн элэгдлийн жижиг хэсгүүд байдаг [2]. Энэхүү судалгааны ажил нь дотоод шаталтат хөдөлгүүрийн ашигласан тосон дахь механик хольцын агууламжаар эд ангийн элэгдлийн явцыг үнэлэх зорилгоор спектрометрийн арга ашиглан ажилласан тосон дахь металлын агууламжыг илрүүлж, эд ангийн элэгдлийн явцыг тодорхойлсноор тос солих хугацааг оновчлоход оршино.

СУДАЛГААНЫ ХЭРЭГЛЭГДЭХҮҮН, АРГА ЗҮЙ

Судалгааны ажлын туршилтыг дотоод шаталтат дизель хөдөлгүүрийн ашигласан тосонд явуулах бөгөөд хөдөлгүүрийн тосны трибологийн үзүүлэлтийн ашиглалтын явцын өөрчлөлтийг спектрометрийн багажны тусламжтайгаар гүйцэтгэв. Спектрометрийн арга нь харьцалтын гадаргуунуудын

эвдрэлийн үр дүнгээр үүссэн элэгдлийн жижиг хэсгүүдээр материалын хими, физикийн шинж чанар хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг тодорхойлдог бөгөөд ашигласан тосонд агуулагдах металл элементүүдийн агуулгыг ppm (parts per million) буюу мг/л-аар илэрхийлэх арга юм [3]. Хөдөлгүүрийн

тосонд спектрометрийн шинжилгээ хийснээр тосонд агуулагдах хольцын химийн элементийн хувийг тодорхойлж болох бөгөөд туршилтаар илэрсэн элементүүд хөдөлгүүрийн аль эд ангийн элэгдлийг илэрхийлж байгааг тогтоох боломжтой бөгөөд цаашлаад металл элементийн байж болох хязгаарын утгыг тооцох нь хэрэглэгчдэд тосны ашиглалтын нөхцөл Элэгдлийн анхааруулах хэмжээг дараах томъёогоор тооцлоо.

$$L_a = \bar{x} + \sigma \quad (1)$$

L_a - анхааруулах хэмжээ

\bar{x} - дундаж утга

σ - стандарт хэлбийлт

Элэгдлийн хязгаарын хэмжээг дараах томъёогоор тооцов.

$$L_c = \bar{x} + 2\sigma \quad (2)$$

зарим тохиолдолд

$$L_c = \bar{x} + 3\sigma \quad (3)$$

томъёогоор мөн тооцдог.

L_c - хязгаарын (critic) хэмжээ

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

(1), (2) томъёог ашиглан Liebherr/r954c экскаваторын дотоод шаталтат хөдөлгүүрийн тосны 44 удаагийн туршилтын үр дүнгээр

байдал хэвийн бус эсвэл байж болох хэвийн бус байгаа эсэхийг таниулахад чухал ач холбогдолтой. Хязгаарыг тооцохдоо байж болох хэмжээ ба хэвийн бус хоёрын хоорондын зөрүүгээр үнэлдэг аргыг хэрэглэв. Элэгдлийн элементийн хязгаарыг тооцохдоо анхааруулах хэмжээ, хязгаарын хэмжээ гэсэн хоёр түвшинг тодорхойлсон [4].

тодорхойлогдсон металл элементийн агууламжинд элэгдлийн хязгаарыг тооцож 1 дүгээр хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 1

Хөдөлгүүрийн тосонд илрэх элэгдлийн элементийн хязгаарын утга		
Элементийн нэр	Анхааруулах хэмжээ	Хязгаарын хэмжээ
Fe (Төмөр)	26.0507	47.7901
Al (Хөнгөнцагаан)	4.20561	7.75323
Cu (Зэс)	7.20829	15.42947
Cr (Хром)	2.5332	6.3442
Pb (Хартугалга)	2.56967	5.52721
Si (Цахиур)	5.995546	10.00769
Soot (Тортог)	35.7082	62.97

Хөдөлгүүрийн тосонд илрэх элэгдлийн элементийн хязгаарын утгыг тооцож гаргаснаар цаашид тосны шинжилгээнд хяналт тавих боломжтой. Элэгдлийн хязгаарын утгыг ашиглан тосны шинжилгээгээр илрэх элэгдлийн металлууд элэгдлийн хязгаар дотроо байгаа эсэхийг тогтоох боломжтой. Туршилт, шинжилгээний үр дүнд хөдөлгүүрийн тосонд илрэх

элэгдлийн элементийн анхааруулах болон хязгаарын утгуудыг тодорхойлсноор монгол орны нөхцөлд ашиглаж байгаа дээрх хөдөлгүүрийн тосыг солих зохистой хугацааг тогтоох боломжийг бий болголоо. Үүний тулд хөдөлгүүрийн тосонд агуулагдах элэгдлийн элементийн 1мото.цаг-т элэгдэх хурд (V) -ыг тодорхойлов.

$$V = \frac{M_H}{T_H}; \tag{4}$$

Энд:

V - Хөдөлгүүр 1 мото.цаг ажиллахад элэгдэл үүсэх хурд, ppm/мото.цаг
 M_H – Хөдөлгүүрийн тосонд илрэх элэгдлийн элементийн хэмжээ, ppm=мг/л
 T_H – Хөдөлгүүрийн нийт ажилласан цаг, мото.цаг
 Элэгдлийн элемент үүсэх хурдыг ашиглан анхааруулах болон хязгаарын хэмжээндээ хүрэх хугацааг тодорхойлох боломжтой.

$$T_A = \frac{M_A}{V}; T_X = \frac{M_X}{V}; \tag{5}$$

Энд:

T_A –анхааруулах хэмжээндээ хүрэх хугацаа, мото.цаг
 T_X –хязгаарын хэмжээндээ хүрэх хугацаа, мото.цаг
 M_A, M_X – Хөдөлгүүрийн тосонд илрэх элэгдлийн элементийн анхааруулах болон хязгаарын хэмжээ, ppm=мг/л

(4), (5) томъёог ашиглан Liebherr/r954c элэгдлийн элементийн хурд, анхааруулах экскаваторын дизель хөдөлгүүрийн тосонд болон хязгаарын утгандаа хүрэх үеийг 2013 оны 1сарын 20-оос 2015 оны 5 сарын 28 тодорхойлж, улмаар тос солих хугацааг хүртэл хийсэн шинжилгээний үр дүнгээр оновчлов (2 дугаар хүснэгт).

Хүснэгт 2

Элэгдлийн элементийн хурд, анхааруулах болон хязгаарын утгандаа хүрэх үе

№	Элементийн нэр	Fe	Al	Cu	Pb	Si	Soot
1	Анхааруулах хэмжээ, M_A , ppm	26	4	7	2,5	6	35
2	Хязгаарын хэмжээ, M_X , ppm	48	8	15	5,5	10	63
3	хөдөлгүүрийн нийт ажилласан цаг, T_H , мото/цаг	14340	14340	14340	14340	14340	11240
4	Нийт илэрсэн металл элементийн хэмжээ, M_H , ppm	431,6	106,4	172,6	60	112,6	883
5	Элэгдлийн элементийн 1цагт элэгдэх хурд, V ppm/цаг	0,0301	0,0074	0,012	0,0042	0.0078	0.078
6	Анхааруулах хэмжээндээ хүрэх хугацаа, T_A , мото/цаг	863.84	539.1	581.6	597,5	764,1	445,5
	Хязгаарын хэмжээндээ хүрэх хугацаа, T_X , мото/цаг	1594,7	1078.2	1246.3	1314,5	1273,5	801,9
5	Тос солих хугацаа, мото/цаг	445,5 мото/цаг					

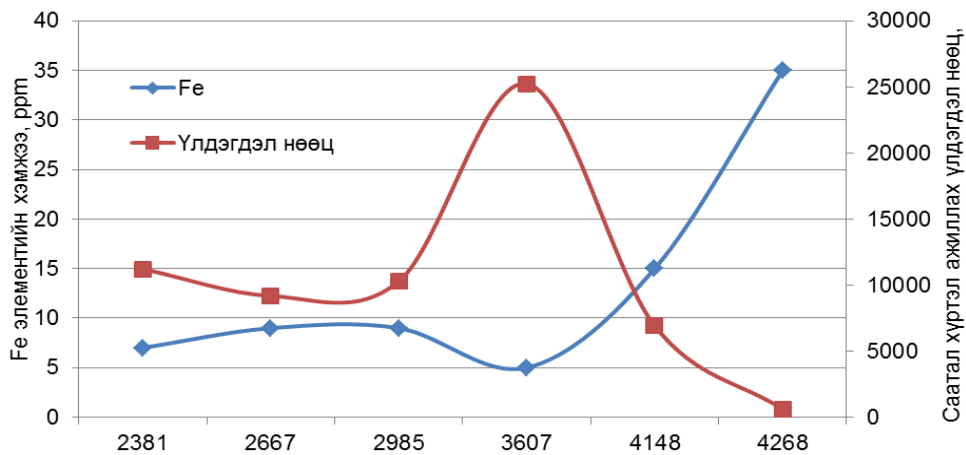
Хөдөлгүүрийн тосны шинжилгээгээр эд ангийн үрэлт, элэгдлийг хянах явцад тухайн машин техникийн саатал хүртэл ажиллах үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлохдоо машины найдварт ажиллагааг бууруулдаг процессын зүй тогтол дээр үндэслэн тогтооно. Машин техникийн найдварт ажиллагааг бууруулдаг хүчин зүйлүүд нь эдгээр элэгдлийн болон

бохирдлын элементүүд юм. Висургус маркийн экскаваторын дизель хөдөлгүүрийн тосон дахь механик хольцын агууламжийг спектрометрийн аргаар шинжилсэн үр дүнд эд ангийн үлдэгдэл нөөцийг гуравдугаар бүлэгт өгүүлсэн томъёог ашиглан тодорхойлъя (хүснэгт 3).

Хүснэгт 3

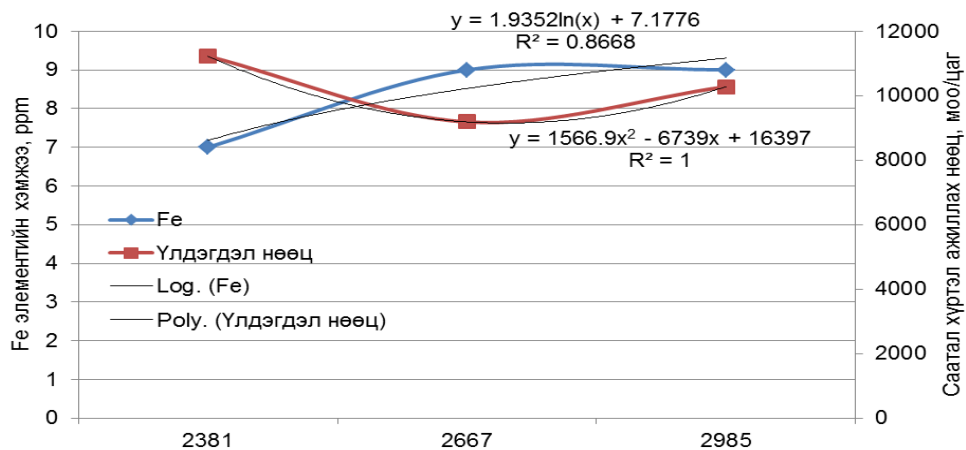
Элэгдлийн элементийн хэмжээнээс хамаарах машины үлдэгдэл нөөц

№	Хөдөлгүүрийн ажилласан цаг, мото/цаг,	l_0	2381	2667	2985	3607	4148	4268
1	Тосонд илэрсэн төмрийн хэмжээ, ppm	Fe	7	9	9	5	15	35
2	Тосонд илэрсэн цахиурын хэмжээ, ppm	Si	0	2	3	3	5	6
3	Хязгаарын утга Fe	$G_{хяз. Fe}$	40	40	40	40	40	40
4	Хязгаарын утга Si	$G_{хяз. Si}$	10	10	10	10	10	10
5	Элэгдэл хуримтлагдах дундаж хурд Fe, ppm/мото цаг	$U_{G_{Fe}}$	0,0029	0.0033	0.003	0.0013	0.0036	0.0082
6	Элэгдэл хуримтлагдах дундаж хурд Si, ppm/мото-цаг	$U_{G_{Si}}$	0	0.00075	0.001	0.00083	0.0012	0.0014
7	Үлдэгдэл нөөц-Fe	$l_{Yл.н}$	11224	9186	1028 1	25249	6913	609
8	Үлдэгдэл нөөц-Si	$l_{Yл.н}$	-	10668	6965	8416	4148	2845



Хөдөлгүүрийн ажилласан цаг, мотоцаг

1-р зураг. Висугус маркийн экскаваторын дизель хөдөлгүүрийн ашигласан тосонд илрэх төмөр элемент, саатал хүртэл ажиллах цагийн хамаарал

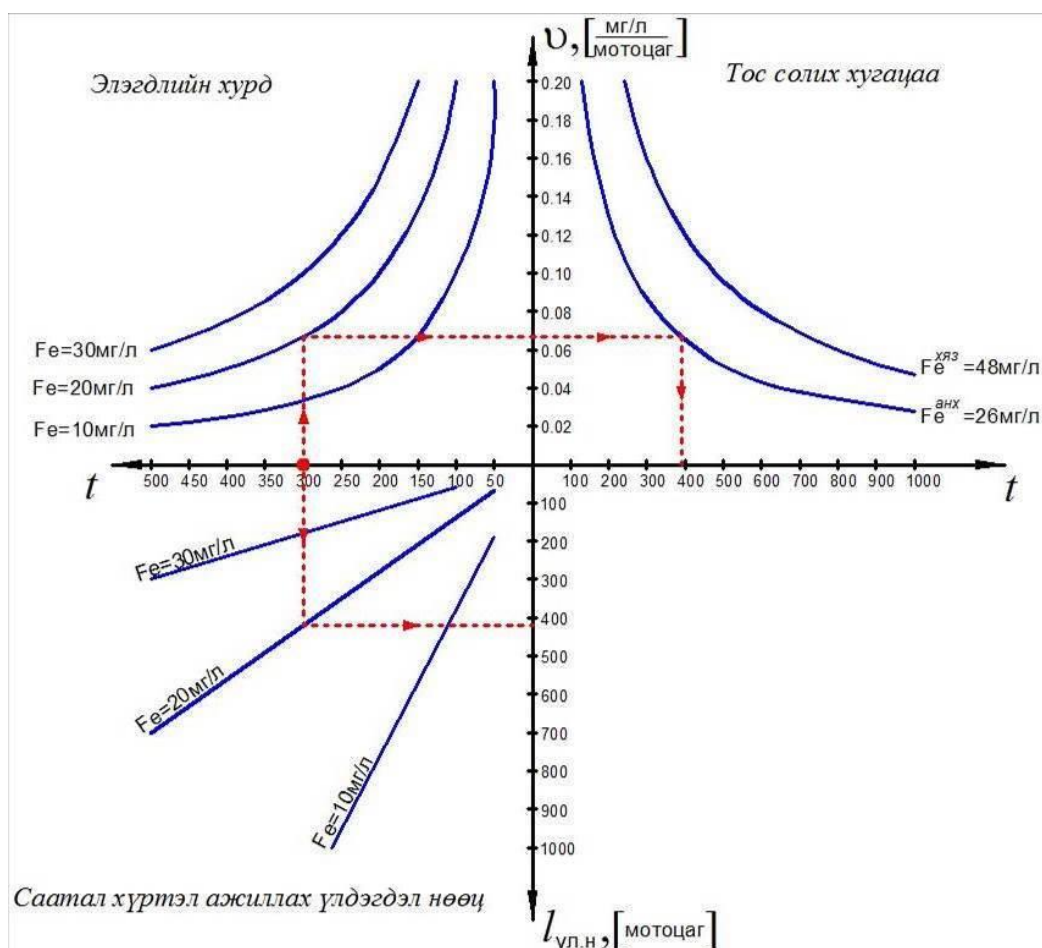


Хөдөлгүүрийн ажилласан цаг, мотоцаг

2-р зураг. Висугус маркийн экскаваторын дизель хөдөлгүүрийн тос солих үечлэл дэхь саатал хүртэл ажиллах цаг, хугацаанаас хамаарах хамаарал

1 дүгээр зургаас харахад элэгдлийн элементийн хэмжээ ихсэхэд машины үлдэгдэл нөөц буурч, харин элэгдлийн элементийн хэмжээ буурахад үлдэгдэл нөөц ихсэх хандлагатай байна. Эдгээрийн хоорондын хамаарлыг тос солих нэг үечлэлд нь авч үзэхэд (2 дугаар зураг) төмрийн хэмжээ $y = 1.63 \ln x + 7.17$ гэсэн функцээр өөрчлөгдөж, машины саатал хүртэл ажиллах цаг буюу үлдэгдэл нөөц хөдөлгүүрийн ажилласан цагаас $y = 1566.9x^2 - 6739x + 16397$ полином хамаарлаар буурч байна. Манай орны нөхцөлд хүнд даацын машин техникийн хөдөлгүүрийн ажилласан тосонд илрэх төмрийн хэмжээг 10мг/л, 20мг/л, 30мг/л илрэх боломжтой гэсэн хувилбараар,

хөдөлгүүрийн тосны ажилласан цагийн тос солих нэг үечлэл дотор 100, 200, 300, 400, 500мотоцаг гэж аван хөдөлгүүрийн тос солих хугацаа, саатал хүртэл ажиллах үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлох номограммыг боловсруулж 3 дугаар зурагт үзүүлэв. Зургийн зүүн дээд хэсгийн хэвтээ тэнхлэгт хөдөлгүүрийн тосны ажилласан цагийг авч ашигласан тосонд илрэх төмрийн хэмжээгээр элэгдлийн хурдыг тодорхойлсон бол, баруун дээд хэсэгт тос солих хугацааг төмрийн ашигласан тосонд илэрч болох хамгийн дээд анхааруулах болон хязгаарын утгуудаар тооцоолж байгуулав. Номограммын зүүн доод хэсэгт хөдөлгүүрийн тосны саатал хүртэл ажиллах үлдэгдэл нөөцийг элэгдлийн элементийн хэмжээнээс хамааруулан тодорхойлов.



3-р зураг. Дотоод шаталтат хөдөлгүүрийн тос солих хугацааг тодорхойлох номограмм

Номограммыг ашиглах жишээ болгож хөдөлгүүрийн тосоо солиод 300мотоцаг ажилласан машины хөдөлгүүрийн тосонд

илрэх төмрийн хэмжээ 20мг/л байхад тос солих хугацаа болон хөдөлгүүрийн саатал хүртэл ажиллах үлдэгдэл нөөцийг

тодорхойлох сонголтыг тасалдсан шулуунаар тэмдэглэв. Үүний нэгэн адилаар 100-500 мото/цаг ажилласан машины хөдөлгүүрийн тос солих хугацаа болон саатал

хүртэл ажиллах үлдэгдэл нөөцийг номограммыг ашиглан хялбар тодорхойлж болно.

ДҮГНЭЛТ

1. Ашигласан тосонд илрэх гадны механик элементүүдийн анхааруулах болон хязгаарын утгыг тодорхойлсоноор элэгдлийн гурвалсан загварыг гаргаж, түүнийг ашиглан хөдөлгүүрийн тосны бохирдлыг хянах боломжтой болсон.
2. Элэгдлийн хязгаарын утгуудыг ашиглан тос солих зохистой хугацааг тодорхойлж гаргав. Судалгаагаар тогтоосон хугацаа нь

Монгол орны нөхцөлд уг хөдөлгүүрийн ашиглалтын баримт бичигт заасан хугацаа (500 мото/цаг)-аас 10,9% бага байна.

3. Элэгдлийн элементийн хурд, элэгдлийн хязгаарын утгуудыг ашиглан хөдөлгүүрийн тос солих хугацаа, саатал хүртэл ажиллах үлдэгдэл нөөцийг тодорхойлох номограммыг боловсруулсан.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

[1] Г.Гантулга “Wptyw warunkov atmosferycznych I zapylenia na trwalosc wytranych elemento’w pojazdow samochodowych” Rozprawa doktorska, Radom 1998

[2] Охотников Б.Л “Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания” Екатеринбург 2014

[3] Bharat Bhushan “Modern tribology handbook” 2001

[4] Ashley Mayer “Limits-the robots of oil analysis” Technical bulletin 2010

The optimization of internal combustion engine oil change periods

Davaasuren G., Gantulga G.*

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

*Corresponding author: gantulga@mul.s.edu.mn

ABSTRACT

It is vitally important for vehicle users that are to study the operating regime that may negative effect to the operation of the engine, to reduce its effect, to maintain the engine's reliability in accordance with the specific operating conditions. Quality of lubrication is one of the main factors that are improving of reliability and operational efficiency for any machinery their spare parts. So this paper presents to optimize of oil change intervals and to determine of wear rating of spare parts by content of metal particles in the internal combustion engine used oil.

KEYWORDS: Used oil analysis of internal combustion engine, wear metal particles, oil contamination, soot, limit value of wear products.