

## НАНО ТОСОЛГООНЫ МАТЕРИАЛ АШНГЛАН ЭД АНГИЙН ЭЛЭГДЭЛ БУУРУУЛАХ ҮНДЭСЛЭЛ

Г.Даваасүрэн, Г.Гантулга, Ү.Цэрмаа

ХААИС, Инженер, технологийн сургууль

И-мэйл: [davaana2002@yahoo.com](mailto:davaana2002@yahoo.com)

### ХУРААНГУЙ

*Хөдөлгүүрийн тосолгоонд нано тосолгооны материал ашигласнаар эд ангийн элэгдлийг бууруулах, түвшний зарцуулалтыг багасгах зэрэг ач холбогдолтой юм. Энэ судалгааны хүрээнд хөдөлгүүрийн тос, тосолгооны материал дээр энгийн болон нано нэмэлт хольцуудыг нэмж харьцаж байгаа хос дээр туршин элэгдэх явцыг авч үзсэн.*

**ТҮЛХҮҮР ҮГ:** үрэлт, элэгдэл, тосолгоо, техникийн ашиглалт, хяналт

### ОРШИЛ

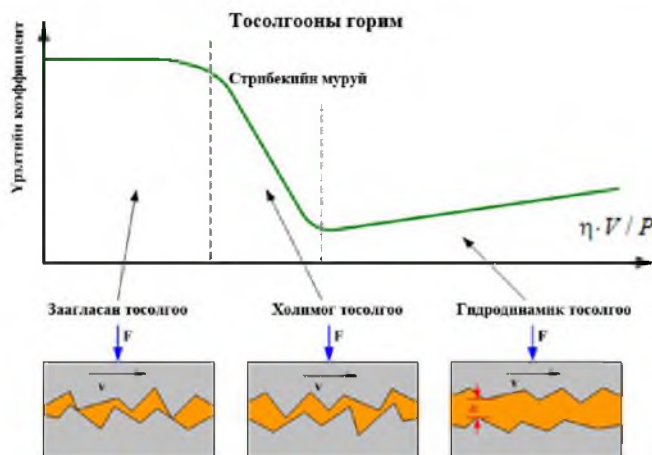
Манай улс байгаль цаг уурын эрс, тэс нөхцөлтэй бөгөөд үүнээс шалтгаалан уул уурхай, ХАА-н техник, машин механизмын эд ангиудад бохирдол ихээр үүссэнээс үрэлт, элэгдэл эрчимтэй явагдаж, эд ангиудын эдэлгээнд нөлөөлдөг. Иймээс хөдөлгүүрийн найдварт ажиллагааг хангах, эд ангиудыг элэгдлээс хамгаалахад хөдөлгүүрийн тос, тосолгооны материал чухал үүрэгтэй.

Хөдөлгүүрийн эд ангийн үрэлт, түүнээс үүсэх элэгдэл нь температур, ачаалал, хурдны маш өргөн хүрээний өөр өөр нөхцөлд ажилладаг зэрэг олон хүчин зүйлээс шаалтгаалдаг. Эдгээр эд ангиуд нь заагийн, холимог, гидродинамик тосолгооны горимд ажилладаг бөгөөд эдгээр горим бүрийн хувьд үрэлтийн хүчин зүйлүүд нь өөр өөр байдаг.

Тос, тосолгооны материалын үрэлтийн коэффициентийг 1-р зурагт үзүүлсэн Стрибекийн муруй ашиглаж ихэвчлэн тодорхойлдог [3].

Энэ диаграммын босоо тэнхлэгийн дагуу үрэлтийн коэффициент, хэвтээ тэнхлэгийн дагуу Стрибекийн тоог илэрхийлэх  $\eta \cdot V / P$  тоог үзүүлдэг. Энд:  $\eta$  - динамик зууралдлага,  $V$  - гулсалтын хурд,  $P$  - даралт буюу ачаалал.

Стрибекийн тоо бага байхад өөрөөр хэлбэл ачаалал ихэсч, хурд буурах, эсвэл тосны зууралдлага буурах үед үрэлтийн коэффициент харьцангуй өндөр байх бөгөөд ойролцоогоор 0.1 байна. Энэ тосолгооны горимийг шүргэлцэлтэй (boundary friction) тосолгоо гэх бөгөөд энэ үед нэг гадаргуу нөгөө гадаргуутай харьцах үрэлтийн коэффициент тогтвортой байдаг. Энэ нөхцөлийг мөн тосны өлсгөлөн үе гэж нэрлэдэг.



1-р зураг. Стрибекийн муруй

Шүргэлцэлтэй тосолгооноос холимог тосолгооруу шилжих үед Стрибекийн тоо өсдөг. Холимог тосолгоо нь барзгар гадаргуунууд харилцан үйлчлэх үед тохиолддог. Энэ тосолгооны үеэр үрэлтийн коэффициент маш хурдацтай буурч хамгийн бага 0.001-ээс 0.0002

утганд хүрдэг. Холимог тосолгоо гидродинамик тосолгооны хооронд хоёр гадаргууг шингэн нимгэн давхаргаар гүйцэд тусгаарлаж өгдөг. Энэ горимд үрэлтийн коэффициент шугаман хуулиар аажмаар өсдөг байна.

## СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ШИНЭЛЭГ ТАЛ

Хөдөлгүүрийн тосны ашиглалтын үзүүлэлтүүд буурах нь хөдөлгүүрийн чадлыг бууруулах, түлшний зарцуулалтыг нэмэгдүүлэх зэрэг сөрөг талуудтай билээ [1].

Иймээс нано технологийн тосолгооны материал ашигласнаар машин механизмын эд ангиудыг

зөвхөн үрэлт, элэгдлээс хамгаалаад зогсохгүй мөн ашиглалтын явцад үүссэн бохирдлыг арилгах, элэгдлийг нөхөх, гидродинамик тосолгооны горимд ажиллуулах боломжтой бөгөөд үрэлтийн гадаргууд нэмэлт хамгаалах давхарга үүсгэж байгааг тогтоосонд оршино.

## СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ЗОРИЛГО

Манай оронд ашиглагдаж буй хөдөлгүүрийн тосонд энгийн болон нано нэмэлт хольц нэмж харьцлын эд ангийн элэгдлийн процессыг судлах.

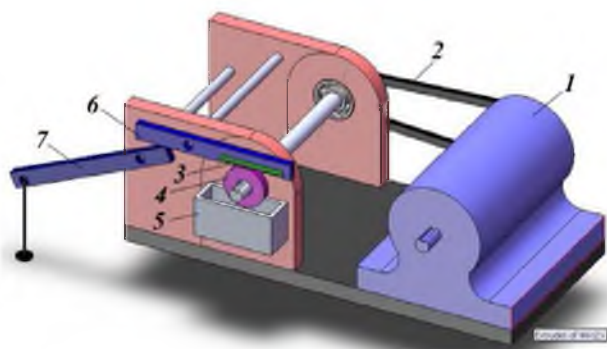
Зорилт:

Ижил ангиллын, өөр өөр үйлдвэрлэгчийн хөдөлгүүрийн тосыг лабораторийн төхөөрөмж дээр дангаар нь болон нэмэлт хольцтой турших Туршилтын үзүүлэлтүүдийг Стрибекийн муруйгаар харьцуулах

## СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ АРГА ЗҮЙ

Судалгааг хийхдээ 2-р зурагт үзүүлсэн, өөрсдийн зохион бүтээсэн төхөөрөмж дээр явууллаа. Уг төхөөрөмж нь 220В хүчдэлд залгагдаж цахилгаан хөдөлгүүр (1)-ээс оосрон дамжуулгаар (2) эргэлт

авч ажилладаг бөгөөд тослох болон ачаалал даах чадварыг судлах өнхрүүлэг (3) ба цагираг (4), тосны сав (5), баригч хөшүүрэг (6), ачаалал өгөх хөшүүрэг (7) зэргээс бүрдэнэ.



2-р зураг. Тосолгооны материалын тослох шинжийг судлах төхөөрөмж

Төхөөрөмжийн цахилгаан хөдөлгүүрийн чадал  $P_1 = 0,6$  кВт, эргэлт  $n_1 = 1350$  эрг/мин, голч  $d_1 = 18$  мм, оврын хэмжээ  $600 \times 230 \times 120$  мм.

Тосолгооны материалын тослох шинжийг судлах энэхүү төхөөрөмж дээр гүйцэтгэх сорилтыг дараах дарааллаар гүйцэтгэнэ. Үүнд: Тослох чадварыг судлах тосоо хийнэ. Машинаа

ажиллуулна /15 мин/. Ачаалалыг бага багаар нэмж ачаалал даах чадварыг судална. Туршилтын эд ангийн элэгдлийг 0,0001 нарийвчлал бүхий электрон жингээр хэмжинэ. Туршилтанд ашиглах сорьц болгож домбон холхивчийн өнхрөгийг (3-р зураг) ашиглав.



3-р зураг. Туршилтад ашигласан сорьц, СТ45

Туршилтыг манай орны нөхцөлд ихэвчлэн ашиглагддаг, хэрэглэгчдэд ихээр танигдсан, янз бүрийн үйлдвэрлэгчийн төрөл бүрийн минерал, хагас синтетик, синтетик тосонд явуулсан бөгөөд

уг туршилтаар хөдөлгүүрийн тосны тослох чадвар болон ачаалал даах чадвар, хөргөх чадварыг авч үзлээ. (1-р хүснэгт).

Хүснэгт 1

Судалгаанд ашигласан тосны үндсэн үзүүлэлт

Тосны нэр	SAE ангилал	Ангилал	Тосны чанар
Mobile	10W30	API SN/SM/SL	Минераль
CAT	10W30	API CI-4, CH-4, CG-4	Минераль
Kixx Gold	10W30	API SL/CF	синтетик
Mobile	15W40	API CI-4	Бүтэн синтетик
Duramax	10W30	API SN/SM	синтетик
Maxpower	5W40	API SL/CF, ACEA A3/B3/B4	Бүтэн синтетик
Eneos	10W30	API SM/CF	синтетик
Brilltex	5W40	-	Бүтэн синтетик
Mannol Elite	5W40	API SM/CF, ACEA A3/B4	Бүтэн синтетик
S-Oil Dragon	5W30	API SN, ILSAC GF-5	синтетик
Castrol GTX	5W30	API SM/SL	синтетик

Тосны зурамтгай чанар нь ашиглалтын үндсэн параметр тул тосны шинж чанарыг мөн үүгээр үнэлдэг.

Зууралдлага нь температураас хамаарч их өөрчлөгддөг. Туршилтын явцын температурыг термометр ашиглан хэмжсэн бөгөөд

температураас хамаарсан зууралдлагын үзүүлэлтийг 2-р хүснэгтээр харуулав.

Хүснэгт 2

Судалгаанд ашигласан тосны физикийн үзүүлэлт				
SAE	Динамик зууралдлага, mPas	Кинематик зууралдлага, мм <sup>2</sup> /с	Нягт, г/см <sup>3</sup>	Температур, °C
10W30	19,690	23,265	0,8239	80
5W40	19,181	23,478	0,8170	80
15W40	19,358	23,006	0,8414	80

Мөн элэгдэл бууруулах, тослох чанарыг сайжруулах үйлчилгээтэй ердийн болон нано нэмэлт хольцуудыг нэмж туршлаа. Туршилтын дүнг стрибекийн муруйгаар харьцуулж үнэлэхэд төхөөрөмжийн үндсэн үзүүлэлтээс гадна харьцлын эд ангид ирэх ачаалал шаардлагатай тул нэмэж авсан үзүүлэлтүүдийг 3-р хүснэгтээр харуулав.

Туршилтыг явуулахдаа ижил хугацаанд (3 мин) ижил ачаалалд төхөөрөмжийг ажиллуулан, харьцалтанд орж буй үрэлтийн хосын элэгдлийг 0,0001 нарийвчлал бүхий электрон жингээр хэмжин, улмаар ачааллыг бага багаар нэмж, ачаалал тус бүр дэхь элэгдлийг хэмжин, эцэст нь ачаалал даах чадварыг судаллаа.

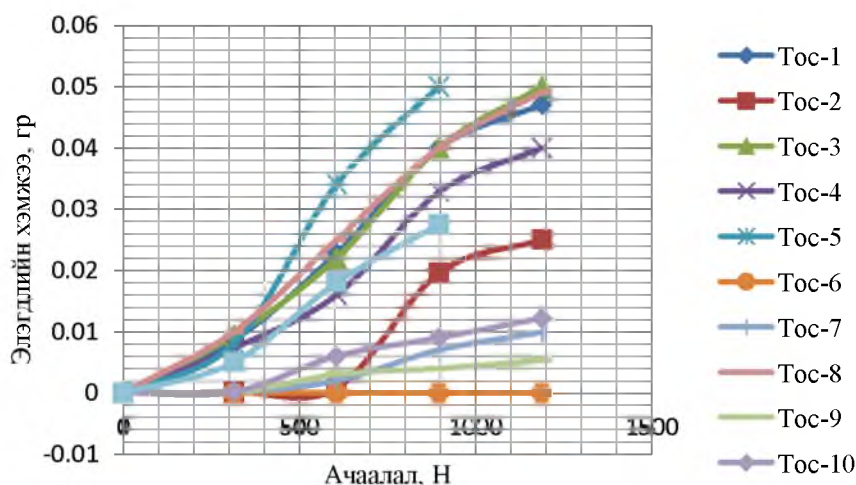
Хүснэгт 3

Судалгаанд ашигласан төхөөрөмжийн үзүүлэлт				
Шалгах үзүүлэлт	Үнэлгээ			
Хөтлөх голын эргэлтийн тоо, эрг/мин	1350			
Хөтлөгдөх голын эргэлтийн тоо, эрг/мин	500			
Гулсах хурд, м/с	0,3925			
Өгөх ачаалал, кг	1	2	3	4
Харьцлын эд ангид ирэх ачаалал, Н	314,23	605,23	896,23	1187,2

## СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Монгол орны нөхцөлд хэрэглэгчдийн хамгийн сайн мэдэх, ашиглах хөдөлгүүрийн шинэ тосыг сонгож дангаар нь болон төрөл бүрийн нэмэлт хольцыг нэмж туршлаа. Эхлээд хөдөлгүүрийн тосыг нэмэлт хольцгүйгээр, дангаар нь

туршилтын төхөөрөмж дээр туршин, элэгдлийг 0,0001 нарийвчлал бүхий электрон жингээр хэмжив. Туршилтын үр дүнг ашиглан элэгдлийн хэмжээ, ачаалалаас хамаарсан графикийг байгуулав (4-р зураг).

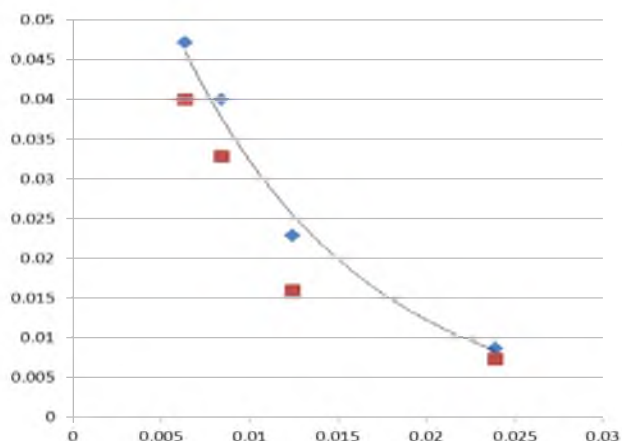


4-р зураг. Хөдөлгүүрийн тосны харьцуулсан судалгаа



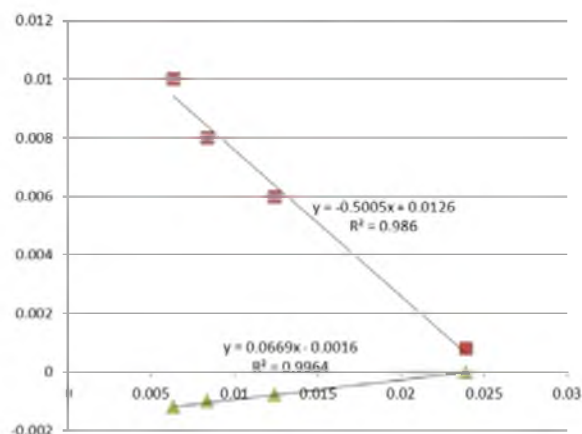


шинж бүхий тодорхой бүтэцтэй шингэн металл хальс өөрөө аяндаа үүсэж бий болох горимд ажиллаж байгааг харуулж байна. Нано тосолгооны нэмэлт хольц болон тосолгооны бусад материалын тослох чадварыг судалсан туршилтын үр дүнг тосолгооны чухал горим болох Стрибекийн муруйгаар тус тусад нь авч үзэхэд хамаарал нь 8, 9-р зураг дээр үзүүлсэн хэлбэртэй байлаа.



8-р зураг. Тосолгооны материалын нэмэлт хольцгүй үеийн Стрибекийн муруй

Хөдөлгүүрийн тосыг нэмэлт хольцгүй дангаар нь хэрэглэхэд холимог тосолгооны горимд ажиллаж байсан бөгөөд энгийн нэмэлт хольцтой тос нь мөн холимог тосолгооны горимд байгаа боловч элэгдлийн хэмжээ буурч байна. Харин нано нэмэлт хольц хэрэглэснээр гидродинамик тосолгооны горимд шилжиж, нэмэлт хамгаалах давхарга үүсгэж байгаа нь харагдаж байна.



9-р зураг. Тосолгооны материалын энгийн болон нано нэмэлт хольцтой үеийн Стрибекийн муруй

Туршилтын үзүүлэлтүүдийн дисперси нэгэн төрлийн эсэхийг Кохрены шалгуураар шалгаж регрессийн коэффициентүүдийг тодорхойлж, элэгдлийн хэмжээ тосонд байгаа нэмэлт бодисын

эзлэх хувь, харьцаж байгаа биетэд үйлчилэх хүчээс хамаарах төлвийг харуулсан регрессийн тэгшитгэл гаргаж авсан.

Энгийн нэмэлт хольцтой үед

$$y = 6.025 + 5.125x_1 - 0.625x_2 - 0.525x_1x_2$$

Нано нэмэлт хольцтой үед

$$y = -0.5 - 0.5x_1 + 0.1x_2 + 0.2x_1x_2$$

Энд:  $y$  - элэгдлийн хэмжээ

$x_1$  - Харьцлын хосод үйлчлэх хүч, Н

$x_2$  - Нэмэлт бодисын эзлэх хувь, %

## ДҮГНЭЛТ

1. Нано технологийн элэгдэл бууруулах шингэнийг хэрэглэснээр үрэлтийн гадаргууг хамгаалах, элэгдлийг бууруулах, эд ангиудын удаан эдлэгдэх чанарыг сайжруулах, хэрэв хөдөлгүүрт хэрэглэвэл үр ашгийг нэмэгдүүлэх, экологийн үзүүлэлтүүдийг сайжруулах зэрэг ач холбогтой болох нь туршилтаар батлагдлаа.
2. Тосолгооны материалыг энгийн нэмэлт хольцтой хамт хэрэглэснээр элэгдлийг 40

хувиар бууруулж, харин нано нэмэлт хольцыг хэрэглэснээр элэгдлийг арилгаад зогсохгүй нэмэлт давхарга үүсгэж, эд ангийг гидродинамик тосолгооны горимд оруулан хамгаалж байна.

3. Харьцаж байгаа хосын элэгдэлд нөлөөлөх голлох хүчин зүйлүүдийг тодорхойлж, хоёр хүчин зүйлт математик загварыг гаргаж авсан.

### **АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ**

1. Ч.Авдай, М.Шараа, У.Уламбаяр, Д.Амгалан нар “Тосолгооны материал” 2000.
2. Ч.Авдай, Г.Гантулга, Р.Марчак “Түлш, тосолгооны материал, техникийн ашиглалтын шингэний зориулалт, хэрэглээ” УБ 2002, 87х.
3. B. Bhushan “Modern Tribology Handbook” vol. Two, CRC Press, 2001.
4. Malcolm G. Naylor, Padma Kodali, Jerry C. Wang “Diesel Engine Tribology” Cummins Inc. 2001.
5. [www.nanotechlubricantsinc.com](http://www.nanotechlubricantsinc.com)

### ***POSSIBILITIES TO REDUCE A WEAR OF THE CONTACTING PARTS BY APPLYING LUBRICATION WITH NANOPARTICLES***

**Davaasuren G., Gantulga G., Tsermaa U.**

The school of Engineering and Technology, MULS

*In this paper presented are the results of the experimental trials on evaluation of the engine oils with the additives containing wear reducing nanoparticles in a laboratory conditions for the chosen engine elements.*