

Шингэний Дулаан Багтаамж Болон Зуурамтгайн Коэффициентийг Хольцийн Концентрацаас Хамааруулан Судлах нь

Б. Дөлгөөн, О. Бат-Оргил, Л. Энхсайхан, Н. Төвжаргал*

Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим

Нарны энергийг шингээлт ашиглан дулааны энерги болгон хувиргах технологи болох нарны коллектор нь усан сан халаах, ахуйн хэрэглээний халуун ус гарган авах, байрны халаалтад ашиглах гэх зэргээр маш өргөн хэрэглэгддэг. Ийм нарны дулааны системийн нэг чухал бүрэлдэхүүн хэсэг болох дулаан дамжуулагч ажлын биеэр усыг ихэвчлэн ашигладаг боловч түүний зарим шинж чанарыг сайжруулах зорилгоор янз бүрийн нэмэлт уусгагч ашигладаг. Бид энэ ажлаар усны дулаан багтаамж болон зуурамтгайн коэффициентийг давс болон антифризийн концентрацаас хамааруулан судлав.

PACS numbers: 46.35.+z, 66.20.Ej, 65.20.Jk

I. ОРШИЛ

Орчин үед нарны энергийг дулааны коллекторт хуримтлуулан ахуйн хэрэглээний халуун ус болон байрны халаалт, усан сан халаах зэрэгт ашиглахаас гадна нарны дулааны цахилгаан станцад ашиглах туршилт судалгаа эрчимтэй хийгдэж байна. Энэ нь эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй, хүрээлэн буй орчинд хорт нөлөөгүй нөхөн сэргээгдэх эх үүсвэр бүхий энергийн үүсгүүр юм. Түүнчлэн өргөн уудам нутаг дэвсгэртэй, дэд бүтэц муу хөгжсөн манай орны хувьд энэ төрлийн энергийн үүсгүүр ашиглах судалгааг өргөнөөр хийж, нутагшуулах шаардлага гарч байна. Иймээс бид нарны дулааны системийн нэг чухал бүрэлдэхүүн хэсэг болох дулаан дамжуулагч ажлын бие болгон ашигладаг усны дулаан багтаамж болон зуурамтгайн коэффициентийг давс болон антифризийн концентрацаас хамааруулан судлав. Нарны энерги дулааны коллекторт тусахдаа олон хүчин зүйлээс шалтгаалан энерги алддаг бөгөөд үүнийг илэрхийлэх дулаан балансын тэгшитгэлийг дор үзүүлэв.

$$G_{\text{нийт}} = Q_{\text{гад}} + Q_{\lambda_{\text{тах}}} + Q_{\text{ойсон}} + Q_{\text{дамж}} + Q_{\text{гол}} \quad (1)$$

Энд:

- $G_{\text{нийт}}$ – нарнаас дулааны коллекторын гадаргууд ирж байгаа нийт энерги
- $Q_{\text{гад}}$ – гадаад орчинд алдаж буй энерги
- $Q_{\lambda_{\text{тах}}}$ – долгионы уртаас хамааран алдаж буй энерги
- $Q_{\text{ойсон}}$ – ойлтоор алдаж буй энерги
- $Q_{\text{дамж}}$ – дамжуулалтаар алдаж буй энерги
- $Q_{\text{гол}}$ – шингээлтээр дулаанд хувирах энерги

Нарны системийн ашигт үйлийн коэффициент η нь коллекторт шингээлтээр дулаан болох энерги болон нарнаас дулааны

коллекторын гадаргууд ирж байгаа нийт энергиэс хамаарна.

$$\eta = \frac{Q_{\text{гол}}}{G_{\text{нийт}}} 100\% \quad (2)$$

Энд дулаанд хувиргах энерги $Q_{\text{гол}}$ нь системийн дулаан зөөгч орчин буюу ажлын биеийн дулаан багтаамж c_p , түүний масс m болон орж байгаа хүйтэн усны температур $\theta_{\text{оролт}}$, гарч байгаа халуун усны температур $\theta_{\text{гаралт}}$ – ээс дараах байдлаар хамаарна.

$$Q_{\text{гол}} = c_p m (\theta_{\text{гаралт}} - \theta_{\text{оролт}}) \quad (3)$$

Эндээс үзэхэд системийн дулаан зөөгч орчин буюу ажлын биеийн дулаан багтаамж c_p их байвал уг системийн ашигт үйлийн коэффициент өндөр байх нь харагдаж байна. Нарны дулааны системийн ажлын биед дараах үндсэн шаардлага тавигддаг. Үүнд:

- Өндөр дулаан багтаамжтай байх
- Зуурамтгай шинж чанар бага, урсах чадвар сайтай байх
- Ажиллах температурын хязгаар өргөн байх
- Дулаан дамжуулах шугамд зэврэлт үүсгэхгүй байх
- Шатамхай бус байх
- Химийн идэвхгүй, хоргүй байх зэрэг орно.

Ус хэдий эдгээр шаардлагуудыг хамгийн сайн хангадаг боловч түүний хөлдөх температур (0°C) бага байдаг нь эрс тэрс уур амьсгалтай манай орны хувьд шууд хэрэглэхэд тохиромжгүй байдаг. Энэ дутагдлыг арилгаж түүний ажиллах температурын хязгаарыг нэмэгдүүлэх зорилгоор усанд янз бүрийн хольц (давс, элсэн чихэр, антифриз, спирт г.м) нэмж өгдөг. Эдгээрийг тодорхой хэмжээгээр нэмж өгөхөд усны ажиллах температурын хязгаар нэмэгддэг боловч зуурамтгай шинж чанар нэмэгдэх, дулаан багтаамж нь багасах зэргээр өөрчлөгддөг. Иймээс хольцын найрлагын

*Electronic address: tuvjargal@gmail.com

зохистой харьцааг судалж тогтоох нь чухал ач холбогдолтой юм.

II. ТУРШИЛТ

Бид хольцын арга ашиглан тодорхой хэмжээтэй, хувийн дулаан багтаамж нь мэдэгдэж байгаа стандарт металл дээж (гууль, $m_p=120.8\text{г}$, $c = 0.387 \text{ Ж}/(\text{г} \cdot \text{К})$) ашиглан нарны дулааны системийн ажлын бие болох шингэний дулаан багтаамжийг тодорхойлох болно. Ингэхдээ металл дээжээ халуун усанд хийж халаагаад калориметрт ($C_k=(66\pm 1)\text{Ж}/\text{К}$), байгаа тодорхой хэмжээтэй судлах шингэн дээр нэмж хийнэ. Шингэний дулаан багтаамж нь түүний температурын өөрчлөлтөөр тодорхойлогдоно.

Дулаан багтаамжийг тодорхойлохдоо дараах томъёог ашиглана.

$$C_w = \frac{C \cdot m_p (\theta_2 - \theta_m)}{m_w (\theta_m - \theta_1)} - \frac{C_k}{m_w} \quad (4)$$

Энд:

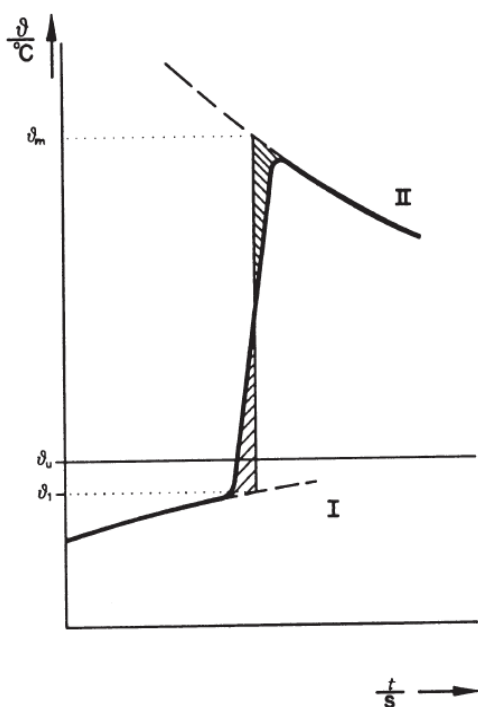
θ_1 – калориметр дэх шингэний анхны температур

θ_m – хольцын температур

θ_2 – металл дээжийг халаах усны температур

m_w – шингэний масс

C_k – калориметрийн дулаан багтаамж



Зураг 1: Хольцын туршилтын аргаар анхны температур θ_1 болон хольцын температур θ_m –ийг тодорхойлно. θ_u = орчны температур.

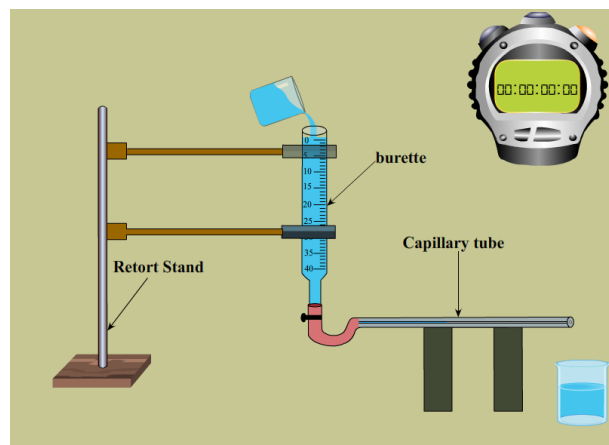
Хольцын туршилтын хэмжилтийн үр дүнгийн схемийг зураг.1 –т үзүүлэв. Эндээс бид шингэний анхны температур θ_1 болон хольцын

температур θ_m –ийг олоод шингэний дулаан багтаамж C_w –ийг тэгш.4 –ийг ашиглан тодорхойлох болно.

Шингэний зуурамтгайн коэффициентийг тодорхойлохын тулд капилляр хоолойгоор урсаж байгаа шингэний ламинар урсгалын Пуазейлийн томъёог ашиглан тодорхойлох болно.

$$V = \frac{\pi P_1 - P_2}{8 L} r^4 \frac{t}{\eta} \quad (5)$$

Энд V нь капилляр хоолойгоор t хугацаанд урсан өнгөрч байгаа шингэний эзлэхүүн, P_1, P_2 нь капилляр хоолойн хоёр төгсгөл дэх даралт, r нь хоолойн радиус, L нь хоолойн урт, η нь шингэний зуурамтгайн коэффициент болно. Туршилтын ажлын схемийг зураг.2–т үзүүлэв.



Зураг 2: Шингэний зуурамтгайн коэффициентийг тодорхойлох ажлын схем

Хэмжилтийн төхөөрөмжийг зураг.2 –ийн дагуу угсарч бэлдээд хуваарьтай шилэн шилэн цилиндр савыг зуурамтгайн коэффициентийг тодорхойлох шингэнээр дүүргэнэ. Крант нээхэд шингэний даралтын ялгаврын улмаас капилляр хоолойгоор ус дусалж эхэлнэ. Яг дусалж эхлэх агшин дахь усны түвшнийг тэмдэглэж аваад секундометрийг ажиллуулна. Тодорхой хугацааны дараа крантыг хааж урсгалыг зогсоогоод шингэний түвшинг дахиж хэмжиж авна. Эндээс хоолойн эхлэл төгсгөл дэх даралтын ялгавар болон t хугацаанд дуссан усны эзлэхүүнийг олоод дараах томъёог ашиглан шингэний зуурамтгайн коэффициентийг тодорхойлох болно.

$$\eta = \frac{\pi \rho g}{8 L} r^4 \frac{ht}{V}$$

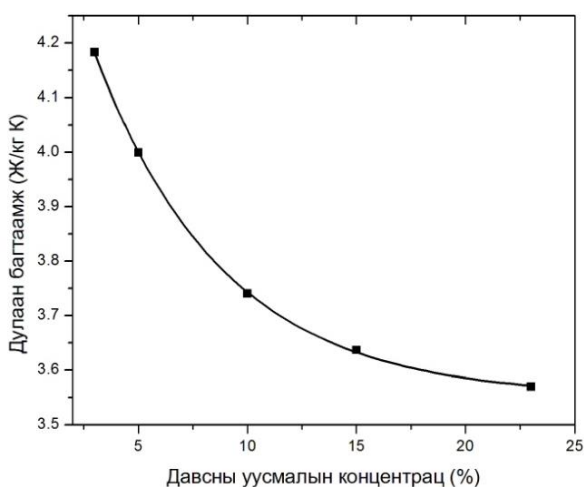
III. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Бид эхлээд судалгаанд ашиглах крантны ус болон нэрмэл усны дулаан багтаамжийг тодорхойлсон үр дүнг хүснэгт.1 –т үзүүлэв.

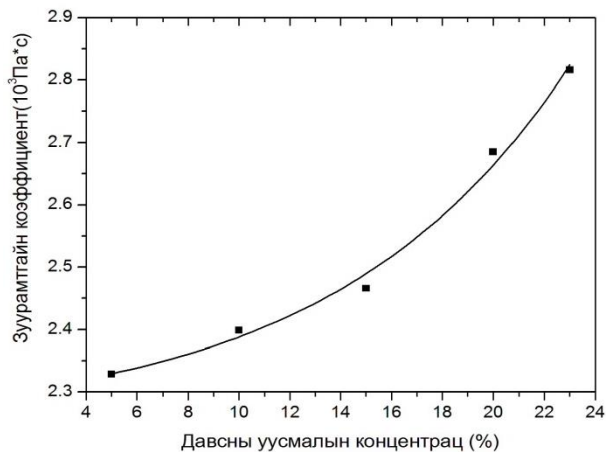
Хүснэгт.1

Параметр	θ_2 (°C)	θ_m (°C)	θ_1 (°C)	m_w (г)	C_w (Ж/(кг·К))
Крантны ус	99	19.1	13.3	301.8	4.44
Нэрмэл ус	93	27.7	23.6	302.7	4.67

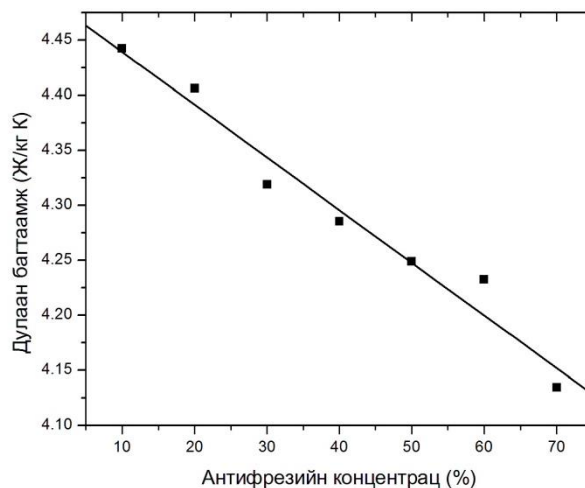
Ус болон давсны уусмалын хольцын дулаан багтаамжийг давсны концентрацаас хамааруулан судлав. Хоолны давс болох NaCl нь тасалгааны температурт 23% хүртэл усанд уусах боломжтой бөгөөд усны хөлдөх температурыг -21°C хүртэл буурах боломжтой. Усан дахь давсны концентарц, дулаан багтаамж болон зуурамтгайн коэффициентын хамаарлын графикийг зураг.3, 4 –д үзүүлэв.



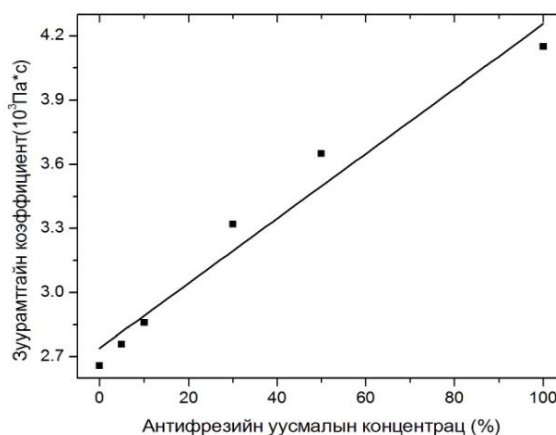
Зураг 3: Усан дахь давсны концентрац, дулаан багтаамжийн хамаарал



Зураг 4: Усан дахь давсны концентрац, зуурамтгайн коэффициентийн хамаарал



Зураг 5: Усан дахь антифризийн концентрац, дулаан багтаамжийн хамаарал



Зураг 6: Усан дахь антифриз концентрац, зуурамтгайн коэффициентийн хамаарал

Дараа нь ус болон антифризийн уусмалын хольцын дулаан багтаамжийг антифризийн концентрацаас хамааруулан судлав. Антифриз нь тасалгааны температурт 65% хүртэл усанд уусах боломжтой бөгөөд усны хөлдөх температурыг -50°C хүртэл буурах боломжтой. Усан дахь антифризийн концентрац, дулаан багтаамж болон зуурамтгайн коэффициентын хамаарлын графикийг зураг.5, 6 –д үзүүлэв.

IV. ДҮГНЭЛТ

Бид энэхүү ажлаар нарны дулааны системийн үндсэн хэсэг болох дулаан дамжуулагч орчны зарим шинж чанарыг сайжруулах ус болон давс, антифризийн уусмалын зуурамтгайн коэффициент болон дулаан багтаамжийг хольцын концентрацаас хамааруулан судаллаа. Усны зуурамтгайн коэффициент нь хольцын концентрацаас хамааран ихсэж, дулаан багтаамж нь буурч байгаа боловч түүний ажиллах температурын хязгаар нэмэгдэж байгаа нь чухал ач холбогдолтой. Энэхүү ажлыг цаашид мэргэжлийн хичээлийн сургалтанд ашиглах боломжтой.

- [1]. Материал судлалын лаборатори “Металлын дулаан багтаамж тодорхойлох” ажил
- [2]. Martin Kaltschmitt et al; “Renewable Energy Technology” book, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007