

Дулаалгын тунгалаг системүүд

С.Баянвасан¹, Т.Галбаатар¹, J. Fricke²

¹ШУА-ийн Физик Технологийн Хүрээлэн

²ZAE Bayern, Germany

Abstract: In a southerly oriented facade, a Transparent Thermal Insulation (TI) converts incoming solar radiation into usable heat which can be transported to the interior of the building. Transparent insulations are generally installed in front of massive building walls which serve as energy storage. Different variations of installations have been simulated with a computer program. Real weather data from the Test Reference Year for Ulaanbaatar, Mongolia have been taken into account; a heat gain of as high as 175,8 kWh/m² seems attainable in wintertime.

ОРШИЛ

Нарны эрчим хүчийг дулааны энергид хувиргадаг системүүдийг дотор нь нарны энергийн хэрэглээний актив болон пассив системүүд гэсэн үндсэн хоёр хэсэгт хуваан авч үздэг [1].

Гадны ямар нэгэн энергийн эх үүсгэвэрийн (жишээлбэл: бүх төрлийн насосууд, агааржуулагч гэх мэт) тусламжтайгаар ажилладаг системүүдийг актив системүүд гэж нэрлэдэг. Нарны энергийн хэрэглээний актив системүүдийн жишээ бол бүх төрлийн шингэн дүүргэгчтэй нарны коллекторууд юм.

Нарны энергийн хэрэглээний пассив системүүд гэдгийн дор нарны эрчим хүчийг цуглуулах, хадгалах болон түгээхэд биечлэн оролцдог барилгын үндсэн хэсгүүдийг ойлгоно. Өөрөөр хэлбэл тэдгээр нь өндөр хүчин чадлаараа ажиллахын тулд гаднаас ямар нэгэн энергийн эх үүсвэр шаардахгүй гэсэн үг юм.

Эдгээр системүүдийг өнөөдөр барилгын салбарт халаалт, хөргөөлтийн болон цаашилбал өдрийн гэрэлтүүлгийн (Daylighting) зорилгоор өргөнөөр ашиглаж байна. Тэдгээрийн үндсэн зорилго нь олон нийтийн болон орон сууцны барилгуудыг халаах болон хөргөхөд шаардлагатай нэмэлт энергийн хэмжээг багасгахад оршино [2].

БАРИЛГЫН ПАССИВ ХАЛААЛТ

Нарны энергийг цуглуулагч, хадгалагч цаашилбал, түгээх чадвар бүхий барилгын үндсэн материалуудыг өөрөөр хэлбэл пассив халаалтын системүүдийг ашиглан орон сууцны болон олон нийтийн барилга, байгууламжуудыг халаахад шаардлагатай дулааны энергийн хэмжээг багасгахыг барилгын пассив халаалт гэнэ.

Пассив халаалтын үндсэн зарчим нь "Хүлэмжийн үзэгдэл" дээр тулгуурладаг. Жишээлбэл: барилгын цонхоор нэвтрэн орж ирсэн нарны цацраг нь өрөө, тасалгааг шууд халаахаас гадна түүний хана, шал, дээвэр болон тасалгаанд байгаа цул, массив эд хогшлуудад шингэн дулааны энергид хувирах ба тэдгээр нь шингээсэн дулаанаа үдэш, орой тасалгаанд дамжуулан өгдөг.

Пассив халаалтын системүүдийг дотор нь шууд болон шууд бус хэмнэдэг системүүд гэж ангилдаг бөгөөд эдгээр нь нарны цацрагийг хуримтлуулагч болон хадгалагч хоёрын харилцан холбоогоор илэрхийлэгдэнэ [2].

ШУУД ХЭМНЭДЭГ СИСТЕМ

Шууд хэмнэдэг систем гэдэгт төрөл бүрийн цонхнууд болон ардаа дулаан хадгалагч массив ханагүйгээр дангаараа цонхны үүрэгтэйгээр байрлах дулаалгын тунгалаг материалууд багтдаг. Учир нь цонхны шил нь богино долгионы нарны (0,3-3,0 μm) болон үзэгдэх гэрлийн (0,4-0,7 μm) цацрагийг сайн нэвтрүүлдэг бөгөөд урт долгионы дулааны (>2,0 μm) цацрагийг муу нэвтрүүлдэг (Хүлэмжийн үзэгдэл) [1-4]. Өөрөөр хэлбэл, цонхны шилээр нэвтрэн орж ирсэн нарны цацрагийн тусламжтайгаар өрөө, тасалгаа шууд хална гэсэн үг юм.

ЦОНХНЫ ШИЛЛЭГЭЭ

Нарны энергийн хэрэглээний шууд системийн жишээ бол цонх юм. Өөрөөр хэлбэл өвлийн хүйтэн, нартай өдөр барилгын урагшаа харсан цонхны ойролцоо зогсож байгаа хүн цонхны шиллэгээг нэвтрэн орж ирсэн нарны дулааны энергийг шууд мэдэрдэг. Цонхны шиллэгээг нэвтрэн орж ирсэн нарны цацраг нь өрөө тасалгаан дахь хана, шал зэрэгт шингэж тэндээ шууд дулааны энергид хувирч тасалгааг халааж байна гэсэн үг юм. Шиллэгээг дулаан техникийн үзүүлэлтээр дотор нь:

- Дулаан тусгаарлагч
 - Нарнаас хамгаалагч
 гэж ангилдаг. Харин шиллэгээнүүдийг тэдгээрийн хийцээр нь:

- Агаар нь битүүмжлэгдсэн 2 болон 3 давхар
- Инертийн хүнд хийгээр дүүргэгдсэн дулаан тусгаарлагч битүүмжлэгдсэн хоёр болон гурван давхар шиллэгээнүүд гэж ангилан авч үзнэ.

Эдгээр шиллэгээнүүдийг тухайн орон нутгийн цаг уурын онцлогт тохируулан хэрэглэдэг.

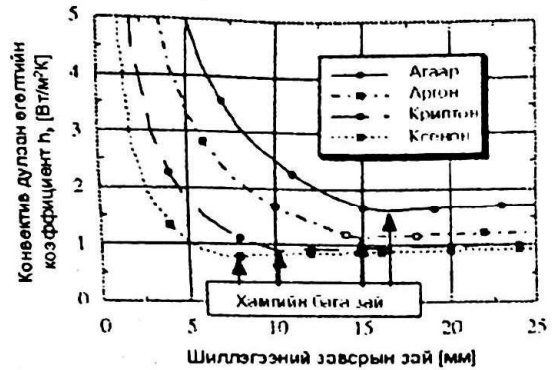
Цонх нь дулааны зохистой байдлын нөхцөл шаардлагыг хангаж байх ёстой. Энэ нь өвлийн улиралд хүйтнээс, зуны улиралд хэт халалтаас зайлсхийх шаардлагатай гэсэн үг юм. Бид энэ ажлын хүрээнд төрөл бүрийн шиллэгээнүүдийн дулаан техникийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж, эдгээрээс ямар төрлийн шиллэгээнүүд нь манай орны хувьд тохиромжтой, өөрөөр хэлбэл олон нийтийн болон орон сууцны барилгад ашиглах бололцоотойг судлан тогтоохыг зорьсон болно.

Нарны хамгаалалттай шиллэгээ гэдэг нь нарны спектрийн хэт улаан цацрагийн мужийг ($0,7\mu\text{м} < \lambda < 3\mu\text{м}$) нэвтрүүлдэггүй шиллэгээг хэлнэ. Халуун уур амьсгалтай орнуудад ихэвчлэн хэт халалтаас хамгаалах зорилгоор нарны хамгаалалттай шиллэгээг голчлон хэрэглэдэг.

Харин эх газрын эрс тэрс уур амьсгалтай, жилийн дөрвөн улиралтай манай орны хувьд цонхоор алдагдах дулааны алдагдал өндөр байдаг. Иймд дулаан тусгаарлагч шиллэгээнүүдийг судлан амьдрал практикт нэвтрүүлэх шаардлагатай тулгарсан болно.

Цонхоор алдагдах дулааны энергийн хэмжээг эрс багасгах бололцоотой. Жишээлбэл, шиллэгээний шилэн хавтангуудын хоорондын зайг инертийн хүнд хийнүүд болох аргон, крептон, ксенонор дүүргэхэд шиллэгээ завсар дахь конвекцын болон хийн дамжууллын дулааны солилцоо эрс багасана.

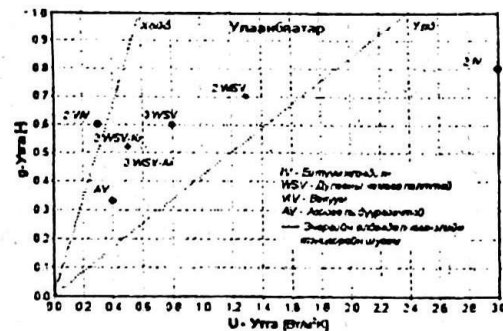
Өнөөдрийн байдлаар инертийн хийнүүд болох аргон, ксенон, крептоныг ихэнх дулаан тусгаарлах шиллэгээнүүдэд ашиглаж байна. Эдгээр инертийн хүнд хийнүүдээр шиллэгээ хоорондын завсрыг дүүргэж хийн дулаан дамжууллыг нь багасгаж өгдөг.



Зураг 1: Конвекцийн дулаан өгөлтийн коэффициентийн-тийн шиллэгээний завсрын зайнаас хамаарах хамаарал.

Шиллэгээн дэх температурын зөрөөнөөс болж халсан хий нь дулаан талаасаа хүйтэн тал руугаа конвектив хөдөлгөөнийг хийдэг. Энэхүү конвекцийн талаар маш олон онолын болон судалгааны ажлууд хийгдсэн байдаг.

Зураг 1-д цонхны шиллэгээний конвекцийн дулаан өгөлтийн коэффициентууд нь шиллэгээг агаар аргон, крептон эсвэл ксенонор дүүргэсэн үед шиллэгээний завсрын зузаанаас хэрхэн хамаарах хамаарлуудыг тусган харуулав. Зургаас харахад тухайн шиллэгээний завсрын хамгийн бага боломжит зузаан нь хий болгонд өөр байна. Жишээлбэл, агаарын хувьд 16-17 мм, аргоны хувьд 15 мм, крептонд 10 түүнчлэн ксенонд 7 орчим мм байна.



Зураг 2: Ердийн агаар нь битүүмжлэгдсэн-IV, дулаан тусгаарлагч хоёр (2WSV) ба гурван давхар(3WSV), аргон дүүргэгчтэй(3WSV-Ar), крептон дүүргэгчтэй (3WSV-Kr), аэрогель дүүргэгчтэй(AV) болон Вакуум (IV) шиллэгээнүүдийн U ба g утгуудын хамаарал. Түүнчлэн Улаанбаатар хотын хувьд барилгын урд болон хойд хананы дулааны энергийг алдагдал-хэмжээний тэнцвэрийн шугам.

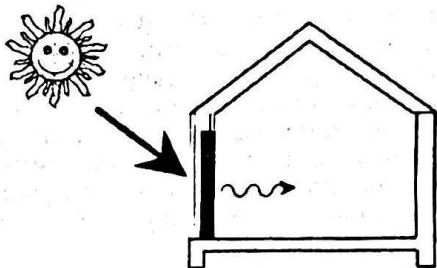
Энэ нь эдгээр шиллэгээнүүдийг харгал-зах утгуудаас нь зузаан хийвэл эдийн засгийн хувьд ашиггүй гэсэн үг юм.

Төрөл бүрийн битүүмжлэгдсэн шиллэгээний дулаан алдалтын коэффициент U болон нийт энерги нэвтрүүлэлтийн коэффициент g утгуудын хамаарлыг Зураг 2 -т үзүүлсэн болно. Зургаас харахад ердийн агаар нь битүүмжлэгдсэн шиллэгээнээс бусад бүх төрлийн дулаан тусгаарлагч шиллэгээнүүд нь Улаанбаатар хотын цаг уурын нөхцөлд барилгын урд хананд энерги хэмнэдэг системүүд болж байна. Харин барилгын хойд хананд зөвхөн вакуум (онолын хувьд) шиллэгээ нь энерги хэмнэдэг систем болох боломжтой нь харагдаж байна.

Харин ердийн агаар нь битүүмжлэгдсэн шиллэгээ нь Улаанбаатар хотын хувьд барилгын аль ч хананд дулааны энергийн алдагдалтай систем байгаа нь илэрхий байна.

ШУУД БУС ХЭМНЭДЭГ СИСТЕМ

Нарны энергийг дулааны энергид хувирган шууд бус хождог системд бүх төрлийн нарны-хана (Solarwall) гэж нэрлэгддэг хананууд орно. Урагшаа харсан цонхны ард цул, массив материалаас (тоосго, бетон, чулуу гэх мэт) бүрдсэн хана байрлуулбал (Trombe - хана) цонхны шиллэгээгээр нэвтрэн орж ирсэн нарны цацрагууд нь түүний ард байрлах цул, массив хананд шингэж дулааны энергид хувиргах бөгөөд тодорхой хугацааны дараа хуримтлуулсан дулаанаа цааш нь



Зураг 4: Нарны хана

өрөө, тасалгаанд дамжуулан өгнө. Ийм төрлийн системийн жишээ бол “ДТМ” буюу Дулаалгын Тунгалаг Материал болон “УДМ” буюу Унтраалгатай Дулаалгын Материалтай массив ханан системүүд юм.

ДУЛААЛГЫН ТУНГАЛАГ МАТЕРИАЛ

Дулааны зохистой байдал нь ерөнхийдөө тасалгааны температураас их хамаардаг. Эрс тэрс уур амьсгалтай манай орны хувьд өвлийн улирлын туршид

барилга, байгууламжуудыг халаах шаардлагатай болдог. Барилгын өрөө, тасалгааг халаахаар өгсөн дулааны нэг хэсэг нь тасалгааны болон гадаад орчны температурын зөрөөнөөс болоод барилгын хаших хийцүүдээр нэвтэрч дамжуулаар гадагш алдагддаг. Энэхүү тасалгаанаас гадагш, гадаад хүрээлэн буй орчин руу чиглэсэн дулааны урсгалын хэмжээ нь тухайн барилгын гадна ханыг бүтээж буй хаших хийцийн чанар, зузаан цаашилбал дулаалгын материалаас нь их хамаардаг. Халаалтын улирлын туршид барилгын гадна хананы талбайгаар ирж буй нарны эрчим хүч нь тухайн барилгын дулаан балансад бараг мэдэгдэхгүй шахам бага байдаг.

Дулаалга муутай болон дулаалаагүй массив ханануудын хувьд тэдгээрт шингэсэн нарны эрчим хүч нь хэдийгээр дулааны энергид хувирдаг боловч тухайн ханаар алдагдаж буй дамжууллын дулаан алдагдлын маш өчүүхэн хэсгийг дарж өгдөг.

1977 онд анх удаа Felix Trombe гадна хананд шингэсэн нарны цацраг нь шууд хэрэглэж болохуйц дулааны энергид хувирч байгаа талаар бичжээ [6-7].

“Дулаалгын Тунгалаг Материал” (ДТМ) гэдэг нь дулаан дамжуулалтын коэффициент (λ) багатай, нарны цацраг нэвтрүүлэлтийн коэффициент (τ) өндөртэй, өөрөөр хэлбэл нарны гэрэл нэвтрүүлэх чадвартай дулаалгын материалуудыг хэлнэ.

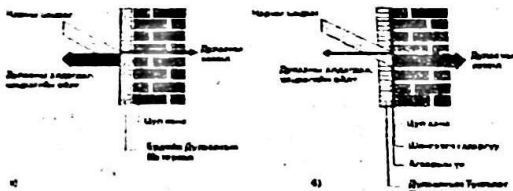
Нарны энергийг дулааны болон өдрийн гэрэлтүүлгийн зорилгоор шууд хэрэглэхийн зэрэгцээгээр сүүлийн жилүүдэд нарны энергийн пассив хэрэглээг цаашид улам ихэсгэхийн тулд “Дулаалгын Тунгалаг Материал” (ДТМ) буюу “Transparent Insulation Material” (ТИМ)-ийг эрчимтэй судлан амьдралд хэрэгжүүлж эхлээд байгаа билээ [3].

Нарны энергийн пассив хэрэглээний шууд бус системийн нэг жишээ бол “Дулаалгын Тунгалаг Материал” бөгөөд энэ нь нэг талаас барилгын ханаар алдагдаж буй дулааны алдагдлыг багасгах, нөгөө талаас нарны энергийг дулааны энергид хувирган барилга байгууламжийн өрөө, тасалгаануудад оруулдгаараа давуу талтай [4,5].

“Дулаалгын Тунгалаг Материал” нь (Зураг 4)-т дүрсэлсний дагуу барилгын цул (массив) хананы өмнө байрлах ба түүгээр нэвтрэн орж ирсэн нарны цацрагууд нь хананд шингээгч гадаргуугийн тусламжтайгаар шингэж тэндээ дулааны энергид хувирах бөгөөд халсан хана нь цааш барилгын өрөө, тасалгаануудад дулаанаа дамжуулан өгдөг.

Цул хана энд дулаан хадгалагч (дулааны аккумулятор)-ын үүргийг гүйцэтгэж байна.

Дулаан хадгалагчаар нь хүнд, массив барилгын материалууд болох цул тоосго, бетоны алийг нь ч сонгон авч болно.



Зураг 4: Ердийн (а) болон Дулаалгын тунгалаг материалтай (б) хананууд.

Зураг 4-г ердийн (хөөсөнцөр, шилэн хөвөн гэх мэт) болон дулаалгын тунгалаг материалаар дулаалагдсан (ДТМ-Хана) ижил зузаантай ханануудыг дүрсэлжээ. Эхний тохиолдолд ханан дээр тусаж буй нарны цацрагийн ихэнх хэсэг нь буцаж ойж байхад, хоёрдугаар тохиолдолд зөвхөн багахан хэсгийг нь ойлтоор алдаад ихэнх хэсгийг нь шингээгч гадаргуугийнхаа тусламжтайгаар дулааны энергид хувирган цул ханаараа дамжуулан цааш нь барилгын өрөө, тасалгаанд өгч байна.

Гэрэл нэвтрүүлдэггүй, ердийн дулаалгын материалын оронд дулаалгын тунгалаг материалыг хананд суурилуулсан тохиолдолд нарны эрчим хүчийг дулааны ашигтай энергид хувирган, дотроосоо гадагш чиглэсэн дамжууллын дулааны урсгалтай эсрэг чиглэл бүхий дулааны урсгалыг үүсгэх бололцоотой байна. Энэ тохиолдолд барилгын хананд ирж буй нарны цацраг нь дулаалгын тунгалаг үсийг нэвтэрч, хар болон бараан өнгөөр булсан хананд шингэн дулааны энергид хувирдаг. Дулаалгын тунгалаг материал нь түүний ард байрлах цул, массив ханыг бүрдүүлж буй материалтай харьцуулбал өндөр дулаан нэвтрүүлэлтийн эсэргүүцэлтэй учраас хананы шингээгч гадаргуу дээр үүссэн дулааны энергийн ихэнх хэсэг нь дулаан хадгалагчийн үүргийг гүйцэтгэж буй хананд шингэн, цаашаа өрөө, тасалгааруу дамжуулагдана. Хэдий чинээ муу дулаалагдсан, өөрөөр хэлбэл дулаан нэвтрүүлэлт өндөртэй хана байна нарны энергийг ашиглах бололцоог төдий чинээ нэмэгдүүлдэг гэсэн зарчмыг дулаалгын тунгалаг материалд баримталдаг.

Энэхүү дулааны урсгалын хэмжээ ба чиглэл нь дан ганц дулаан нэвтрүүлэлтийн

эсэргүүцлүүдээр ч биш тухайн хананд ирж буй нарны цацрагийн хэмжээ, түүнчлэн шингээгч гадаргуугийн болон хүрээлэн буй орчны температурын зөрүүгээр илэрхийлэгддэг. Нарны эрчим хүч багатай үед тухайн хананы дамжууллын дулаан алдагдлыг дарах бүрэн бололцоотой. Харин нарны эрчим хүч сайтай үед энэ нь хананы гадаргууг халаахад чиглэх бөгөөд тодорхой хугацааны дараа хананы дотор гадаргуугийн температур өсдөг. Энэхүү хугацааны зөрүү болон хананы дотор гадаргуугийн температурын өсөлт нь сонгон авсан хаших хийцийн материал мөн түүний зузаанаас хамаардаг.

Хананы дотор гадаргуугийн температур нь тухайн өрөө, тасалгааны температураас их болох үед хана тасалгаанд дулаанаа өгч эхэлдэг. Энэ дулааны хэмжээг нь тухайн хананы дулаан багтаамжаас хамааруулан дараагийн өдөр хүртэл барих бололцоотой байдаг. Ийнхүү дулаалгын тунгалаг материалаар дулаалагдсан хананы дамжууллын дулаан алдагдал нь багасаж харин ч эсрэгээрээ нарны эрчим хүчийг дулааны ашигтай энергид хувирган тухайн дулааны аккумуляторын үүргийг гүйцэтгэж буй массив хананы тусламжтайгаар өрөө, тасалгаанд дамжуулан өгч халаалтын дулааныг хэмнэж байна. Дулаалгын тунгалаг материалын тусламжтайгаар халаалтын дулааны энергийг хэмнэснээр тухайн өрөө тасалгааны бусад хаших хийцүүдээр болон агааржуулагтаар алдагдаж буй дулааны алдагдлыг ч давхар багасгадаг.

ДТМ-системийн жилийн энергийн цэвэр хэмнэлт нь тухайн системийн чанар болон захын нөхцлүүд болох цаг уурын нөхцөл, ДТМ-системтэй фасадын байрлал мөн түүнчлэн тухайн барилгыг ашиглах нөхцөл зэргээс голчлон хамаардаг. Энергийн цэвэр хэмнэлттэй байна гэдэг тухайн ДТМ-системтэй ханаар жилийн эсвэл халаалтын улирлын туршид дулааны алдагдалгүй байгааг илэрхийлж байна.

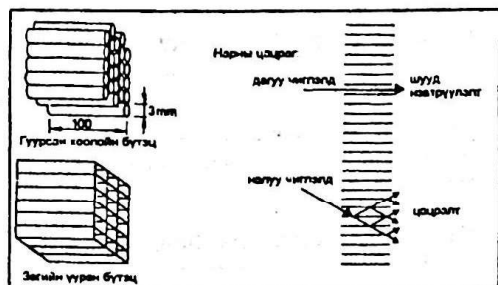
Тухайн ДТМ-системтэй фасадын дулааны урсгалыг хянаж, тохируулахдаа тодорхой хугацааны хамааралтайгаар өөрөөр хэлбэл улирлын чанартайгаар төрөл бүрийн пассив сүүдэрлэгээ, түүнчлэн гадна хананд байрлуулсан туузан хөшгийг ашиглах бөгөөд түүгээрээ зуны болон хавар намрын улирлуудад тохиолдож болзошгүй хэт халалтын асуудлыг шийдвэрлэх бололцоотой.

Туузан нарны хамгаалалт нь өвлийн наргүй өдөр түүнчлэн шөнийн туршид ДТМ-системийн дулаан тусгаарлах чадварыг улам сайжруулна.

ДТМ- хана нь их талбай бүхий нам температурын ханан зуухны нэгэн адилаар дулаанаа өрөө, тасалгаанд голчлон цацрагийн дулаан дамжуулаар өгдөг. ДТМ-хананы гадаргуугийн температур өссөнөөр халаалтын улирлын туршид тасалгаан дахь агаарын температур ихэнхдээ нэгэн хэвийн дулааны зохистой байдалд байх бөгөөд зохистой байдлын мужаас доошилсон тохиолдолд нэмэлт халаалт шаардлагатай болно. Дулааны зохистой байдлын мужаас дээш гарсан тохиолдолд, ялангуяа хавар намрын шилжилтийн үед халаалтын дулааны энергийн хэмжээг ихэсгэлгүйгээр агааржуулалт хийх замаар тасалгааны температурыг тогтвортой барьж болно.

Дулаалгын тунгалаг материалуудын тухай

Дулаалгын тунгалаг материалыг бүрдүүлэгч материалууд нь түүний гол 2 шинж чанар болох нарны цацрагийн өндөр нэвтрүүлэлт, мөн дулааныг сайн тусгаарлагч чанаруудыг агуулсан байх ёстой. Эдгээр материалууд нь заавал нэвт харагддаг байх шаардлагатай бөгөөд энерги хэмнэх үүднээс тэдгээрийг шил, хуванцар гэх мэтийн материалаар дулаан тусгаарлагч болон тунгалаг чанаруудыг нь хослуулан хөндий үүр маягийн (гуурсан хоолойнууд болон зөгийн үүрэн гэх мэт) бүтэцтэйгээр үйлдвэрлэдэг. Дараа нь тэдгээрийг хөндий үүрнүүдийн уртын тэнхлэгийн дагуу нь нарны цацраг тусаж байхаар шингээгч гадаргууд хөндлөн чиглэлтэй байрлуулан ДТМ-системд ашигладаг.



Зураг 6: Дулаалгын тунгалаг материалын гуурсан хоолойн болон зөгийн үүрэн бүтэц би тэдгээрээр нэвтрэх нарны цацрагийн нэвтрэлт.

Үүрний уртыг түүний амсрын өргөнд харьцуулсан харьцааны тодорхой хязгаарт дулааны конвектив урсгал дарагддаг. Өөрөөр хэлбэл энэ тохиолдолд конвекцийн дулаан дамжуулал явагдахгүй байхаар

сонгон авна. Нарны цацрагийн ойлт (Зураг 6) нь зөвхөн тухайн бүтцийн нимгэн ирмэг дээр явагдах бөгөөд туссан цацрагийн ихэнх нь цаашаа шингээгч гадаргуугийн чиглэлд ойдог.

Дулаалгын тунгалаг материалууд нь дараах шинж чанаруудаас хамаарч дулааны эсэргүүцэл өндөртэй байдаг. Үүнд:

Үүрний уртыг түүний амсрын өргөнд харьцуулсан харьцаа $>10:1$ байх тохиолдолд конвекцийн дулаан дамжуулал дарагддаг.

Үүрийг бүрдүүлэгч материалын хэт улаан туяаны муж дахь уртын долгион нэвтрүүлэлтийн коэффициент бага байдаг болон шингээгчийн гадаргууг селектив болгосон үед орчинтойгоо солилцох цацрагийн дулаан солилцоо багасна.

ДТМ-ийн зөвхөн 5 орчим хувийг хатуу биет, үлдсэн хэсгийг нь битүүмжлэгдсэн агаар эзэлдэг учраас дамжууллын дулаан солилцоо маш бага байдаг.

Иймээс дулаалгын тунгалаг материалуудыг ихэвчлэн хуванцар болон шилээр үйлдвэрлэдэг ба хамгийн чухал шаардлага бол тухайн бүтцийг бүрдүүлэгч материалын хананы зузаан маш нимгэн байх ёстой.

Материал болон системийн шинж чанарууд

Тухайн системийн шилэн хаалт нь нарны цацрагийн ихэнх хэсгийг шингээгч гадаргуу руу нэвтрүүлэхийн зэрэгцээгээр гадаад орчин руу алдагдах дулааны алдагдал нь бага байх тохиолдолд нарны дулааны системүүдийн ашигт үйлийн коэффициент нь өндөр байна. Материалын энэхүү шинж чанар нь нарны цацраг нэвтрүүлэлтийн коэффициент τ болон дулаан нэвтрүүлэлтийн коэффициент U (U - утга, урьд нь k - утга гэдэг байсан) -аар илэрхийлэгддэг. ДТМ-материалын эквивалент дулаан дамжуулалтын коэффициент нь температур болон зузаанаас маш их хамаардаг. ДТМ-материал дахь дулааны хөдөлгөөн нь шингээгч гадаргуугийн нарны цацрагийн шингээлтээр тодорхойлогддог. Төрөл бүрийн шиллэгээнүүд болон дулаалгын тунгалаг материалын хувьд тэдгээрийн энергийн балансын тооцоонд нийт энерги нэвтрүүлэлтийн коэффициент g (g -утга) гэсэн хэмжигдхүүнийг тодорхойлон авч үздэг.

ДТМ-СИСТЕМИЙН АНГИЛАЛ

Дулаалгын тунгалаг материал бүхий системийг дотор нь ажиллах горимоор нь:

- Массив ханан систем
- Конвектив систем

- Холимог систем
- Шууд хэмнэдэг систем

гэсэн үндсэн 4 ангилалд хуваан авч үздэг [5,8]. Массив-ханан болон шууд хэмнэдэг системүүд нь одоогоор өндөр хөгжилтэй орнуудад амьдралд, практикт нэвтрүүлж эхлээд байна. Харин конвектив болон холимог системүүдийн онол, туршилтын судалгаанууд нь хараахан бүрэн төгс шийдэгдээгүй байгаа болно.

Массив ханан систем

Уг системд шингээгч гадаргуу нь шууд массив хананд байрлах бөгөөд түүний шингээлтийн коэффициент $\alpha > 90\%$ байх шаардлагатай бөгөөд хананы гадна гадаргууг хар болон бараан өнгөөр будан шингээгч гадаргууг үүсгэх бололцоотой. Шаардлагатай тохиолдолд зуны хэт халалтаас хамгаалан төрөл бүрийн пассив сүүдэрлэлтийн системийг хослуулах бололцоотой. Уг системийн дүрслэлийг Зураг 4(б)-д үзүүлсэн бөгөөд уг системийг энэ ажлын хүрээнд сонгон авч судалсан болно.

ДТМ-ын бүрэлдэхүүн хэсгүүд

Дулаалгын тунгалаг материалын систем (ДТМ-Систем)-ийн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэг нь шилэн хаалт, дулаалгын тунгалаг материал буюу шилэн хаалтанд перпендикуляр байрлалтай шилэн болон хуванцар гуурсан хоолойнуудын багц-хавтас, агаарын үе болон шингээгч гадаргуу гэсэн дараалалтай бөгөөд энэ дарааллаараа барилгын гадна хананд сайтар бэхлэгдэн суурилуулгана. ДТМ-Систем нь гадна ханагүйгээр (аккумуляторгүй) дангаараа хаших хийц маягаар барилгын нүүрэн талд суурилагдах боломжтой ба энэ тохиолдолд өдрийн гэрэлтүүлгийн үүргийг давхар гүйцэтгэдэг бөгөөд сайн чанарын өөрөөр хэлбэл дулаан алдалтын коэффициент багатай цонх болно гэсэн үг юм.

Шилэн хаалт ба шингээгч гадаргуу

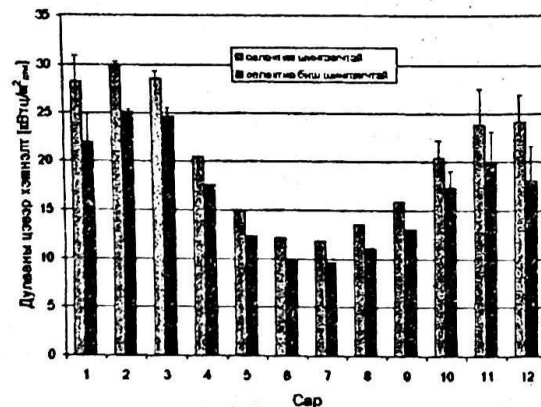
ДТМ-Системийн боломжит чадлыг гарган авахын тулд шингээгч гадаргуугийн дулаан цацаргалтын техникийн үзүүлэлтүүдийг голчлон анхаарах нь чухал. Үүнд: ДТМ-Систем селектив биш шингээгчтэй тодруулбал нарны богино болон дулааны урт долгионы спектрийн

мужид ойролцоо хэмжээний өндөр шингээлтийн (α) болон цацаргалтын (ϵ) коэффициенттэй ($\alpha \approx \epsilon$) үед системд шилэн хаалтыг селектив (low- ϵ) үеэр бүрж өгөх шаардлагатай. Энэ тохиолдолд шингээгч гадаргуу нь түүн дээр ирж буй нарны цацрагийн спектрийн (долгионы урт: $\lambda \in [250, 2500\text{nm}]$) 90 - 95 хувийг шингээж авдаг.

Шингээгч нь селектив гадаргуутай бол (нарны спектрийн мужид өндөр шингээлтийн, урт долгионы мужид бага цацаргалтын коэффициент бүхий шингээгч гадаргуу) ДТМ-Системийн шилэн хаалт нь заавал селектив байх шаардлагагүй бөгөөд ердийн шилэн хаалттай байхад л хангалттай [3].

Ердийн болон селектив шингээгч гадаргуу бүхий массив ханан систем

Бид энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд ДТМ-массив ханан системийг сонгон авч нийслэл Улаанбаатар хотын цаг уурын нөхцөлд хэр тохиромжтой болохыг тогтоохыг зорьсон. Дулаалгын тунгалаг материалтай массив ханан системийн шингээгч нь ердийн хар өнгийн болон селектив (low ϵ) гадаргуутай байхаар тус тус сонгон авч ESP-г программын [9-12] тусламжтайгаар динамик бодолтуудыг хийж гүйцэтгэсэн болно.



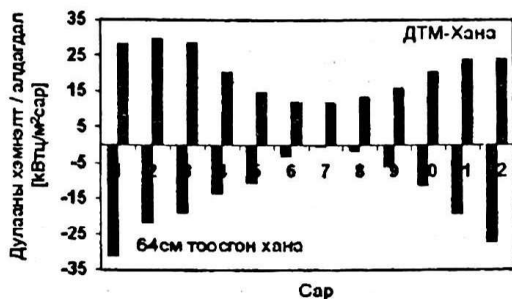
Зураг 6: Селектив болон ердийн шингээгч гадаргуу бүхий 1м² талбайтай дулаалгын тунгалаг материалуудын дулааны энергийн цэвэр хэмнэлт.

Селектив болон селектив биш шингээгч гадаргуу бүхий дулаалгын тунгалаг материалуудын 1м² талбайд ноогдох дулааны энергийн цэвэр хэмнэлтийн хоорондийн зөрүү нь ойролцоогоор 18% орчимд байгаа нь (Зураг 6) харагдаж байна.

Динамик бодолтуудыг Улаанбаатар хотын гурван төрлийн цаг уурын нөхцлийн загварчилсан өгөгдлүүдийн тусламжтай-гаар хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд тэдгээрийн

хоорондын зөрүүг алдааны интервалаар графикт давхар илэрхийлсэн болно.

Тодруулбал дулаалгын тунгалаг материалын дулааны энергийн цэвэр хэмнэлт нь түүний шингээгч гадаргуугийн шинж чанараас хамаараад бодит байдалдаа эдгээр алдааны интервал дотор байна хэмээн үзэж болно.



Зураг 7: ДТМ-массив ханан систем болон 64 см-ийн зузаантай тоосгон хананы дулааны энергийн цэвэр хэмнэлт ба алдагдал.

Судалгааны ажлын үр дүнгээс харахад (Зураг 7) бидний хэрэглэж ирсэн 64 см-ийн зузаантай тоосгон хананы 1 м^2 талбайгаар халаалтын улирлын туршид алдагдах дулааны энергийн хэмжээ нь $-143,5\text{ кВтц/м}^2$ орчим байхад 25 см зузаантай тоосгон хананы өмнө “Дулаалгын Тунгалаг Материал” суурилуулсан ДТМ-массив ханан систем нь дулааны энергийг зөвхөн гадагш алдах биш харин ч гаднаас нарны эрчим хүчийг ашигтай дулааны энергид хувирган, барилгын өрөө, тасалгаанд оруулж байна.

ДТМ-массив ханан системийн 1 м^2 талбайгаар өрөө, тасалгаанд өгөгдөж буй дулааны энергийн цэвэр хэмнэлтийн хэмжээ нь түүний шингээгч гадаргуугийнхаа селектив шинж чанараас хамааран халаалтын үеийн туршид $145 - 176\text{ кВтц/м}^2$ хүрч байгаа нь дулаалгын тунгалаг материал нь манай орны цаг уурын нөхцөлд сайтар тохирч байгаа төдийгүй, жилийн аль ч улиралд ашиглах бүрэн бололцоотойг харуулж байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] A.Marko, P.Braun, Thermische Sonnenenergienutzung in Gebaeuden, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1997)
- [2] A. Beck, M. Reim, W. Koerner, R. Hoenle, I.Haug, V. Drach, J. Fricke, Fassadenpaneele auf Glasbasis fuer fortgeschrittene Niedrigenergiebauweise, DGS, 2000.
- [3] С.Баяннасан, Т.Галбаатар, Дулаалгын Тунгалаг Материалын Судалгаа, ФТХ-ийн Бүтээл - 31, 2004.
- [4] B. Keller, Klimagerechtes Bauen. Teubner Verlag, Stuttgart, 1997.
- [5] A. Kerschberger, Solares Bauen mit transparenter Waermedaemmung, Bauverlag, Wiesbaden, 1996.
- [6] A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich, Transparente Waermedaemmung. Bauverlag, Wiesbaden, 1997.
- [7] S.Bayannasan, Т.Galbaatar, Passivhaeuser fuer die Mongolei, Teatigkeitsbericht ZAE Bayern, 2003.
- [8] A. Beck, W. Koerner, R. Horn, I.Haug, D. Kranl, K. Pottler J. Fricke, Energy transport through transparently insulated colored wall systems, Proceedings of 2nd EUROSUN, Portoroz, (Slowenien), 1998.
- [9] Барилгын Норм ба Дүрэм, Барилгын дулаан техник, БНБД - 2.01.03-92, БХБЯ-ны харъяа Зураг Төсөл Судалгааны Үндэсний Төвийн хэвлэл, 1992.
- [10] Барилгын Норм ба Дүрэм, Барилгын дулаан техник (нэмэлт, өөрчлөлт), БНБД - 2.01.03-92/02, ДБЯ, 2002.
- [11] DIN EN 410 1998 Glass in building-Determination of luminous and solar characteristics of glazing, German version EN 410: 1998, 1998.
- [12] The Esp-r System for Building Energy Calculation, User Guide version 9 Series, University of Strathclyde, 2000.