

# Морин хуур хөгжмийн хийц, цахилгаан дохионы судалгаа

Ц. Баатархүү<sup>1</sup>, О. Баттөгс<sup>2</sup>, О. Бат-Энх<sup>1</sup>, С. Соронзонболд<sup>2</sup>

Соёл Урлагийн Их Сургууль

1 доктор (Ph.D), дэд профессор, ШУТИС, МХТС,

Mail: [Baatarhuuc@yahoo.com](mailto:Baatarhuuc@yahoo.com), [o\\_bat\\_enkh@yahoo.com](mailto:o_bat_enkh@yahoo.com)

Хураангуй— Орчин үед өндөр хөгжилтэй орнууд өөрсдийн үндэсний хөгжмийн талаар судалгаа, шинжилгээ хийж, хойч үедээ өвлүүлэн үлдээх болжээ. Хөгжмийн зэмсэгийг салхин (wind), утсан (string), цохиур хөгжим (percussion) гэх мэт ангилан үзэж, тэдгээрийн онцлог шинж чанаруудад тохируулан судалдаг байна. Өөрөөр хэлбэл, ангиллаас хамааран агаарт тархах дууны долгионы хурд, хэлбэлзэл, давтамж, дугаралтын түвшин өөр өөр томъёо болон аргачлалаар тооцоологддог байна.

Өнөө үед Монгол улсын хувьд морин хуур хөгжмийг судлан шинжлэх ажил эрчимтэй хийгдэж байна. Энэ нь морин хуурын дууны өнгийг (темберийг) хойч үедээ өвлүүлэн үлдээх зорилготой юм.

*Түлхүүр үг — дууны хурд, долгион, резонанс буюу цуурай, давтамж, хэлбэлзэл, үндсэн өнгө, дагалдах өнгө*

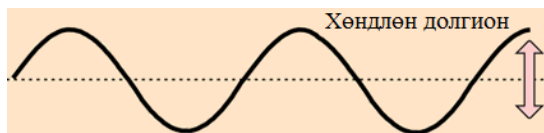
## I. УТСАН ХӨГЖМИЙН ЗЭМСЭГИЙН МАТЕРИАЛ БОЛОН ДУГАРАЛТЫН СУДАЛГАА

Хөгжмийн зэмсэг хийхэд хэрэглэгддэг материалууд хатуу, зөөлөн, хүнд, хөнгөн гэх мэт шинж чанартайгаас гадна тэдгээрийн нягтаас хамааран долгионы урт буюу дуу, ая, эгшиг тархах хурд өөр өөр байдаг. Өргөн хэрэглэгддэг материалуудын нягт болон дуу дамжих хурдыг Хүснэгт I -д үзүүлэв.

Хүснэгт I. МАТЕРИАЛУУДЫН НЯГТ БОЛОН ДУУНЫ ХУРД

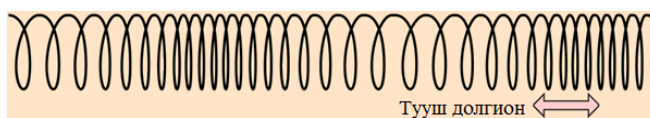
Материал	Нягт (кг м <sup>-3</sup> )	Дууны хурд мсек <sup>-1</sup>
Ган	7800	5189
Хөнгөн цагаан	2720	5037
Хар тугалга	11400	1221
Шил	2400	5000
Бетон	2400	3536
Агаар (20°C)	1.21	344
Ус	1000	1517
Эвэрлэг мод (тууш чиглэлд)	680	4537
Эвэрлэг мод (хөндлөн чиглэлд)	680	1138

Долгионы тархах чиглэлтэй перпендикуляр орчинд долгион тархахыг хөндлөн долгион (Transverse Waves) гэж үзнэ. Зураг I –д хөгжмийн утасны долгионы (дууны) тархалтыг харуулав.



Зураг I. Хөндлөн долгионы тархалтын дүрслэл

Долгионы тархах чиглэлтэй параллель орчинд долгион тархахыг тууш долгион гэнэ (Longitudinal Waves). Зураг II –т агаарт дуу тархах үзэгдлийг харуулав [1].



Зураг II. Тууш долгионы тархалтын дүрслэл

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд утсан (string) хөгжмүүдийн талаар судална. Сунасан утасны долгион дамжуулах хурд нь утасны нэгж урт дахь масс болон суналтаас (даралтын хүч) хамаарна. Долгионы (дууны) хурдыг доорх томъёогоор тооцоолно.

$$v = \sqrt{\frac{T}{m/L}} \quad (1)$$

Үүнд: T – утасны суналт;  
m – утасны масс;  
L – утасны урт.

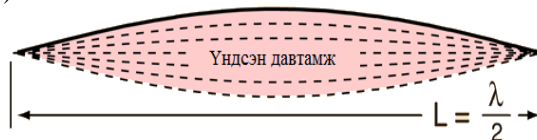
Сунасан утаснууд долгион үүсгэх ба үүнийг резонанс буюу цуурай гэнэ. Хэлбэлзэж буй утас нь давтамж үүсгэх хамгийн бага давтамжийг үндсэн давтамж (үндсэн өнгө) гэж нэрлэнэ. Давтамжийг доорх томъёонуудын тусламжтай тооцоолж болно.

$$f_1 = \frac{\sqrt{\frac{T}{m/L}}}{2L} \quad (2)$$

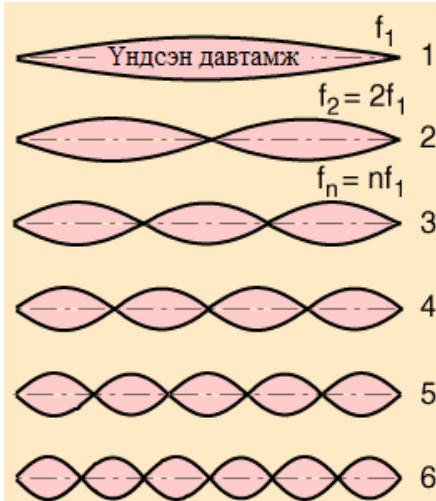
Мөн давтамжийг 1 секундэд давтагдаж буй хэлбэлзлийн үеийн тоогоор тодорхойлж болно.

$$f_1 = 1/T \quad (3)$$

Хэлбэлзэж буй утас нь үндсэн давтамжаас гадна олон тооны дагалдах өнгүүдээс (гармоникуудаас) бүрдэнэ. Сунасан утасны үндсэн хэлбэлзлийн хэлбэрийн үед долгионы урт нь утасны уртаас 2 дахин их байвал үүнийг үндсэн давтамж гэнэ (Зураг III).



Зураг III. Үндсэн өнгө буюу үндсэн давтамж



Зураг IV. Үндсэн болон дагалдах өнгөний хэлбэр

Бусад дагалдах өнгүүдийг Зураг IV –т харуулав [2]. Долгионы хэлбэр нь спектрийн агууламж (content), давтамжууд, агуурга буюу чанга сулын түвшингүүд гэх мэтээс хамаардаг. Спектрийн агууламж нь дууны өнгөний (tone color/ timbre ) анхдагч хүчин зүйл юм. Овертон (Overtones) гэдэг нь үндсэн давтамжаас дээгүүрх дагалдах өнгүүд (гармоникууд) юм. Утасны хэлбэлзэл нь хөдөлгөөнийг (motion) бий болгодог. Энэ нь хэлбэлзлийн ялгаатай буюу өөр өөр давтамжууд буюу дагалдах өнгүүд юм. Хөгжмийн зэмсэгийн дууны чанар нь түүний биенээс ихээхэн хамааралтай байдаг. Бие нь резонатор буюу цуурай гаргагч хэрэгсэл ба үүний тусламжтайгаар өндөр агуургатай (чанга сулын хэмжээ) утасны хэлбэлзэл нь дууны долгион болж агаарт цацагдана. Энэ үед агуурга тодорхой хэмжээгээр сарниж багасах ба сул сонсогдоно [3].

II. Морин хуур ХӨГЖМИЙН ЦАРЛУУРЫН (ПРУЖИНЫ) ХЭЛБЭРҮҮД

Морин хуурын царлуурын хэлбэрүүдийг Зураг V –д харуулав.

*Хуучин царлуур (пружина)* - Энэхүү царлуурын хувьд давуу чанарууд их байгаа хэдий ч мөн дутагдалтай талууд ажиглагдаж байна.

Үүнд:

1. Дууны өнгөнд нөлөөлж байна.
  2. Хуурчид бидэнд хамгийн их тохиолддог хэцүү бэрхшээл бол “Фа” талын утасны даралтаас шалтгаалаад хуур хөгжмийн нүүрэн талд суулт бий болдог ба үүнээс үүдээд эвдрэл гарах магадлалтай.
- Шинэ царлуур (пружина)* - Б.Энхболд морин хуур хөгжмийн талаар судалж, дээр дурдсан сул талуудыг тогтоосноор 2012 онд шинэ царлуур тавих санаа гаргасан .

Давуу талууд:

1. Нүүрний даралтаас шалтгаалж царлуурын дээд хэсэг салдаг асуудлууд багассан.
2. Хөгжмийн хэлбэр хийцнээс шалтгаалж царлуурын дээр болон дунд хэсэгт 2 цоолж нүх гаргаснаар дуугаралтын тархалт буюу хайрцаганд

хэлбэлзэх дууг үүсгэх хөндлөн дуугаралтын давтамжуудыг ямар ч саадгүй судлах ач холбогдолтой болсон.

3. Үүнээс үүдээд акустик талаасаа дуугаралтын хүчийг нэмэгдүүлсэн байна.



а) Хуучин б) Шинэ -хажуу тал в) Шинэ -дээд тал

Зураг V. Морин хуурын царлуурын хэлбэрүүд Шинэ, хуучин царлуурын (пружина) ялгааг Хүснэгт II –т болон Зураг VI –д харьцуулан үзүүлэв.

Хүснэгт II. Хуучин царлуур болон шинэ царлуурын хэмжээс

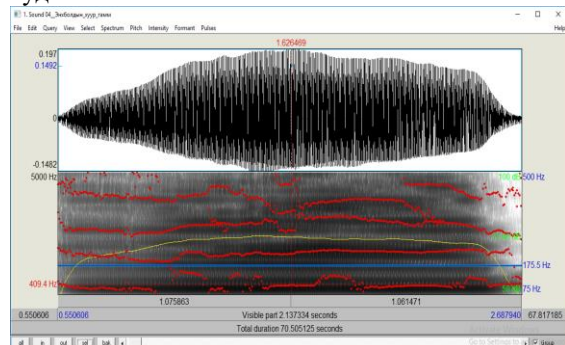
№	Хуучин царлуур	Шинэ царлуур
Урт (см)	24	26
Байрлал	Дээд хэсгээсээ 2 см зайтай	Цартайгаа залгаа дээд ирмэгдээ бэхлэгдэнэ.
Хийц	Цул буюу нүхгүй	2 ширхэг 55.5 см-ийн хөндий нүхтэй



Зураг VI. Хуучин болон шинэ царлууруудыг харьцуулсан байдал

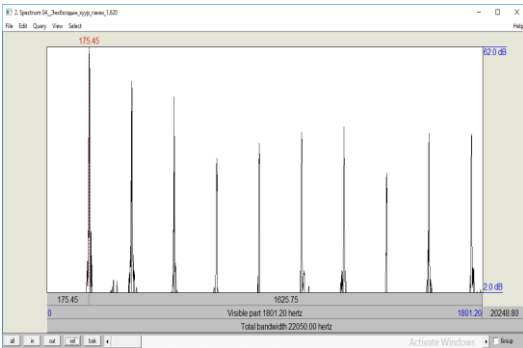
III. Морин хуур ХӨГЖМИЙН ДУГАРАЛТЫН СУДАЛГАА

Судалгааны ажлын хүрээнд ширэн цартай хуур, Уламбаяр, Төвшинтөр, Энхболд, Байгалжав нарын урлаачдын хийсэн морин хуур хөгжмийн дугаралтад судалгаа хийсэн.



Зураг VII. “Фа” өнгөний үргэлжлэх хугацаа, давтамжууд буюу формантууд

Дээр дурдсан 5 төрлийн морин хуурын хувьд дууны өнгөнүүдийн судалгааг хийсэн ба жишээ болгон урлаач Энхболдын хийсэн морин хуурын “Фа” өнгөний хэлбэрийн судалгааг Зураг VII болон Зураг VIII –д харуулав. Мөн эдгээрт харгалзах тоон утгуудыг Хүснэгт III –т дэлгэрэнгүй үзүүлэв.



Зураг VIII. “Фа” өнгөний үндсэн өнгө ба дагалдах өнгүүд

Хүснэгт III. Хуучин царлуур болон шинэ царлуурын хэмжээс

Дагалдах өнгө	“Фа” өнгө		“Соль” өнгө	
	Давтамж [Герц]	Дуу [dB]	Давтамж [Герц]	Дуу [dB]
1	175.45	62	195.85	55.2
2	350.91	53.5	391.7	55.3
3	526.37	49.9	587.58	37.3
4	701.96	34.9	783.41	32
5	877.23	38.5	979.17	33.9
6	1052.72	41.1	1174.95	37.2
7	1228.22	42.6	1370.48	22.4
8	1403.77	31.2	1566.57	28.1
9	1579.08	40.9	1762.31	35.1
10	1754.53	40.7	1958.05	30.8

Зураг IX –д компьютераас гаргаж байгаа 500 герц давтамжтай дохионы хэлбэрийг харуулсан. Зурагт дүрсэлсэн “Си” өнгөний дагалдах өнгүүд нь ямар нэгэн шуугиангүй дүрслэгдсэн байна.

Зураг VIII болон Зураг IX -г харьцуулж үзэхэд морин хуурын дагалдах өнгөнүүд нь хажуудаа шуугиантай дүрслэгдсэн байна. Эндээс үзэхэд морин хуурын чавхдас нь олон хялгаснаас бүрдсэн байдаг учраас дээрх шуугианууд илэрдэг байна.

Хүснэгт IVa, Хүснэгт IVб –ээс үзэхэд “Фа” өнгөний хувьд урлаач Энхболд морин хуурын дугаралтын түвшин 43.53 dB буюу чанга дугарсан байна.

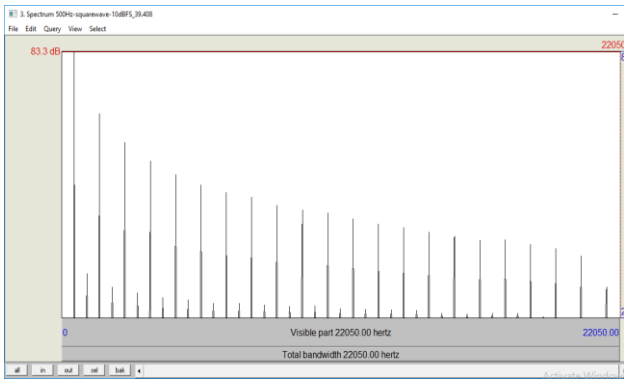
Хүснэгт IV а. Морин хуурын “Фа” өнгөний дуурьсалын харьцуулсан судалгаа

Дагалдах өнгө	Ширэн цартай хуур		Уламбаярын хуур	
	Даг/ өнгө [Герц]	Дууны түвшин [dB]	Даг/ өнгө [Герц]	Дууны түвшин [dB]
1	174.3	42.2	174.5	53.4
2	348.7	51.3	348.9	50.1
3	523.0	52.1	523.4	45.3
4	697.4	43.2	698.0	43.5
5	871.8	33.6	872.4	44.3
6	1046.1	33.3	1046.9	32.7
7	1220.4	34.6	1221.5	34.8
8	1394.9	35.2	1395.9	31.2
9	1569.2	45	1570.2	28.9
10	1743.6	30.8	1745.3	20.9
Дууны түвшин		40.13		38.51

Хүснэгт IV б. Морин хуурын “Фа” өнгөний дуурьсалын харьцуулсан судалгаа

Дагалдах өнгө	Төвшинтөрийн хуур		Энхболдын хуур	
	Даг/ өнгө [Герц]	Дууны түвшин [dB]	Даг/ өнгө [Герц]	Дууны түвшин [dB]
1	175.0	59.4	175.4	62
2	350.1	45.8	350.9	53.5
3	525.1	41.9	526.3	49.9
4	700.2	43.9	701.9	34.9
5	875.3	23.9	877.2	38.5
6	1050.4	43.3	1052.7	41.1
7	1225.4	36.5	1228.2	42.6
8	1400.5	35.7	1403.7	31.2
9	1575.5	26.8	1579.0	40.9
10	1750.7	30.8	1754.5	40.7
		38.8		43.53

Харьцуулсан судалгааны үр дүнд морин хуур хөгжмийн дундаж утгуудыг тооцоолон гаргасан (Хүснэгт V).



Зураг IX. 500 герц давтамж буюу “Си” өнгөний хэлбэр

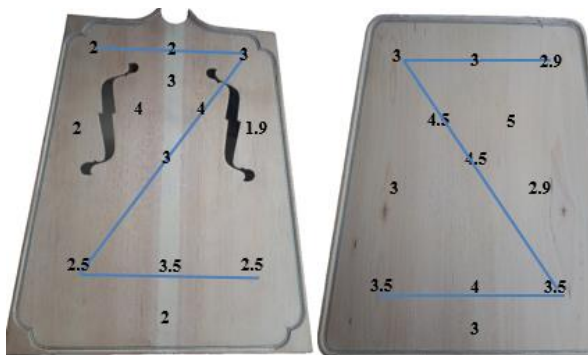
Praat 6 програм ашиглан боловсруулалт хийж морин хуурын үндсэн болон дагалдах өнгөнүүдийг (герцээр) дууны түвшингүүдийг (децибелээр) тус тус тодорхойлсон.

Хүснэгт V. Морин хуурын “Фа” өнгөний дундаж утгууд

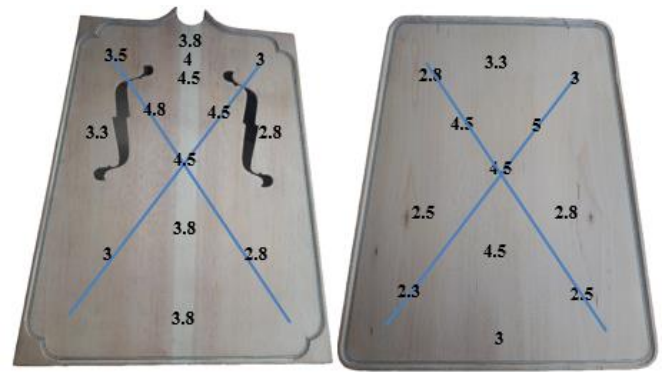
Дагалдах өнгө	Дагалдах өнгөнүүдийн дундаж давтамж	Дууны дундаж түвшин
1	174.80	55.36
2	349.58	49.78
3	524.38	49
4	699.20	41.36
5	873.98	34.7
6	1048.77	36.34
7	1223.58	35.06
8	1398.41	31.7
9	1573.10	33.4
10	1748.04	31.36

Морин хуурын хөгөлгөөний тухай судалгаа хийсэн.

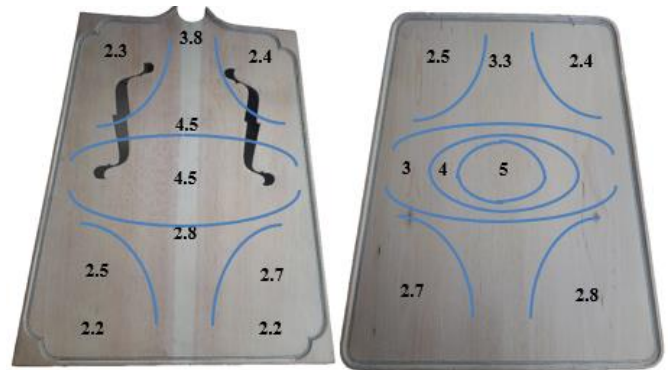
Морин хуур хөгжмийн хөгөлгөөнүүдийн аргуудыг Зураг X–Зураг XII -т үзүүлэв.



Зураг X. Б. Энхболд урлаачийн Z хөгөлгөө



Зураг XI. П. Байгалжав урлаачийн X хөгөлгөө



Зураг XII. Д. Түвшинтөр урлаачийн хөгөлгөө

ДүГНЭЛТ

- Ширэн цартай хуур нь түүхийн явцад модон цартай болсоноор сонгодог хөгжмийн дэг маягтай болсон, түүний хэрэглэгдэхүүн болох тулуур, царлуур гэх мэтийн нэмэгдсэн . Эдгээрийн үр дүнд дугаралтын хүч чанга болсон, үндсэн болон дагалдах өнгөнүүдийн дуурьсал сайжирсан.
- Морин хуур урлаачдын 5 хөгжмийг харьцуулан судалсанаар морин хуурын хийц, царны хөгөлгөөний хэмжээсүүдийг тодорхойлсон. Үүнийг ашиглан морин хуурын хийц болон хөгөлгөөний стандартыг тогтоох боломтой юм.
- Урлаач Б. Энхболдын аргаар морин хуурын царлуурын хэлбэр хийцийг өөрчилсөнөөр морин хуурын дугаралтыг сайжруулах боломжтой гэж үзэж байна.
- Морин хуурын нумын барилаас шалтгаалж, дууны хүчдэл нэмэгдэх боломжтой гэдэг нь судалгаанаас харагдсан.
- Морин хуур хөгжмийн хийц, дугаралт, барил зэргийг судалж, монгол оронд төдийгүй олон улсад таниулах, түгээх боломжтой болж байна
- Морин хуур хөгжмийн судалгаа хийснээр морин хуурын өнгөнүүдийг судалж, үндсэн өнгө болон дагалдах өнгөнүүдийн (гармоникуудын) давтамжийг тодорхойлсон..

- Уртын дууны цахилгаан дохиог судалсанаар уртын дууны цар, обертоонуудыг тодорхойлсон.
- Утсан хөгжмийн царны хөгөлгөөг Эрнст Чладнигийн аргаар хөгөлдөг аргыг судалсаны үр дүнд морин хуурын хөгөлгөөнд энэхүү аргыг ашиглах нь зүйтэй гэж дүгнэж байна.

## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Sound/tralon.html#c>
- [2] [http://www.indiana.edu/~emusic/acoustics/wave\\_shape.htm](http://www.indiana.edu/~emusic/acoustics/wave_shape.htm)
- [3] "Acoustic Analysis of the Viola", Meredith Powell Department of Physics, UC Davis
- [4] Juan G. Roederer (1995). The Physics and Psychophysics of Music. p. 106. ISBN 0-387-94366-8.
- [5] William Forde Thompson (2008). Music, Thought, and Feeling: Understanding the Psychology of Music. p. 46. ISBN 978-0-19-537707-1.
- [6] Ж. Чулуунцэцэг, О. Бат-Энх (2012). "Монголын үндэсний хөгжмийн эгшгийн физик шинж чанарыг судлах асуудал". Культура Монголоязычных Народов в Глобализирующемся пространстве: Материалы Международного научного форума. Элиста 2012.
- [7] John R. Pierce (2001). "Consonance and Scales". In Perry R. Cook. Music, Cognition, and Computerized Sound. MIT Press. ISBN 978-0-262-53190-0.
- [8] Martha Goodway and Jay Scott Odell (1987). The Historical Harpsichord Volume Two: The Metallurgy of 17th- and 18th-Century Music Wire. Pendragon Press. ISBN 978-0-918728-54-8.
- [9] Jantsannorov.N Theory of 5 tone of Mongolian musical instrument. UB, Mongolia, pp. 42–43, 2006.
- [10] Enkhsetseg .D. Khuuriin tatlaga, that is phenomenon of musical cultural in Mongolia. UB, 2011.
- [11] <http://www.platetuning.org/html/modes - tuning plates.html>
- [12] Acoustic Analysis of the Viola Meredith Powell Department of Physics, UC Davis