

Салхины хурдны өгөгдөл дотор ажиглагдах хэт өндөр утгуудыг тайлбарлах нь

Ж.Ванчинхүү^{1,*}, Г.Амгалан²

¹МУИС, ШУС, Физикийн тэнхим

²Цаг уур, орчин шинжилгээ, мэдээллийн хүрээлэн, БОАЖЯ

Монгол улсын газарзүйн онцлогоос шалтгаалан ажиглагдах салхины хэвтээ хавтгай дээрх хурдны онцлогийг салхины хурдны өгөгдлийн сангийн мэдээлэлд түшиглэн судалж энэ өгөгдлийн санд ажиглагдах хэт өндөр утгуудын учир шалтгааныг тайлбарлав. Салхины дотор хуй үүсэж энэ нь хэмжих багажийг дайран өнгөрөх тохиолдолд уг багажид хэт өндөр хурд бүртгэгдэх боломжтойг үзүүлэв. Хурдны утгуудыг шинжлэн загварчлах замаар ажиглагдаж буй хуйн зарим онцлогийг тодорхойлж хуйн хялбар загваруудтай жишиж тухайн бүс нутагт ажиглагдах хуйн талаар ерөнхий дүгнэлт гаргав. Энэ өгүүлэлд хуйн шинж чанарыг гаргахдаа Ранкины хуй болон төгсгөлөг хэмжээтэй хуйн загваруудыг авч үзсэн.

PACSnumber: 93.30.Db,93.85.Bc,95.75.Wx

УДИРТГАЛ

Салхины хурд бүртгэх автомат систем нь салхины хурдны хэмжээ болон салхины чиглэлийг бүртгэдэг. Ийм автомат системээс авсан салхины хурдыг хэмжсэн өгөгдлүүд дотор багажийн хэмжих дээд хязгаараас илүү өндөр, хэт их утгатай хурд бүртгэгдсэн байдаг (Хүснэгт 1). Ийм өндөр хурд нь онцгой үзэгдлийн илрэл бөгөөд энэ үед онц үзэгдэл ажиглагдсан тухай цаг уурын ажиглалтын станцын тэмдэглэлд дурдагдах ёстой байдаг. Гэвч энэ утгууд бүртгэгдсэн өдрүүдэд ямарч тэмдэглэл байдаггүй. Ийм учраас эдгээр утгуудыг багажийн алдаа гэж үзээд хэмжилтийн өгөгдлийн сангаас хасдаг байна. Тухайлбал, Хүснэгт 1-д өгөгдсөн хурдыг ажиглахад 2011 оны 5 дугаар сарын 4-нд 78.9 м/с хурд бүртгэгдсэн байх ба энэ хурдадхаргалзах салхины чиглэл 330° байсан байна [1]. Салхины хурдыг хэмжихэд ашигласан багажийн техникийн үзүүлэлт ёсоор хэмжих дээд хурд 75 м/с боловч энд түүнээс өндөр 78.9 м/с хурд бүртгэгджээ. Салхины хурдны хугацааны хамаарлыг Зураг 1-д үзүүлэв. Багажийн заавраас харахад энд өгүүлсэн хэмжих дээд хурд хамгийн найдвартай утга бөгөөд уг багаж үүнээс өндөр хурдыг хэмжих боломжтой [2]. Ийм учраас энд хэмжигдсэн утга бодит утга болж таарч байна. Тэгвэл бидэнд салхины хувьд ийм өндөр хурд ажиглагдах боломжтой юу гэсэн асуултад л хариулах үлдэж байна. Салхины хэмжигдсэн чиглэлийг хойд туйлын тэнхлэгээс эхлэн цагийн

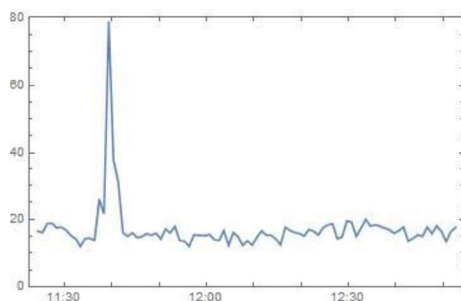
зүүний дагуу тоолж авдгийг энд тэмдэглэе. Салхи нь хэвтээ хавтгайн дагуу шилжиж байгаа агаарын урсгал юм. Харин хуйг тодорхой радиустайгаар эргэлдэхагаарын урсгал гэж төсөөлж болно. Салхины дотор хуй ажиглагдах тохиолдол олонтаа тааралддаг [3-4]. Хуурай газрын гадарга орчим ажиглагдах хуйн ерөнхий шинж чанар болон онцлог, түүнчлэн Азийн тал газарт ажиглагдах хуйн онцлог, параметруудийг олон судлаачид судалсан байдаг [5-6]. Хэрэв хэмжих багажийг хуй дайран өнгөрвөл уг багаж салхины шилжилтийн хурд болон хуйн эргэлтийн хурдны вектор нийлбэрийг хэмжиж үүнийгээ салхины хурд болгон тэмдэглэх нь ойлгомжтой.

Хүснэгт 1. Салхины хурдны хэмжилтийн үр дүнгийн хэсэг.

Өдөр	Цаг, хугацаа	Салхины хэмжигдсэн хурд(u), [м/с]	Салхины хэмжигдсэн чиглэл(ϕ_0), [градус]
5/4/2011	11:25:22	16.1	324
5/4/2011	11:26:22	18.8	332
5/4/2011	11:27:22	18.8	333
5/4/2011	11:28:22	17.5	340
5/4/2011	11:29:22	17.7	340
5/4/2011	11:30:22	16.8	340
5/4/2011	11:31:22	15.2	341
5/4/2011	11:32:22	14.2	353
5/4/2011	11:33:22	11.9	350

* Electronic address: j.vanchinkhuu@num.edu.mn

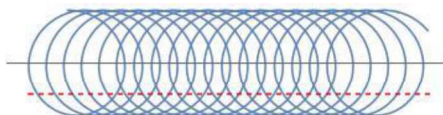
5/4/2011	11:34:22	14.3	353
5/4/2011	11:35:22	14.4	348
5/4/2011	11:36:22	13.8	341
5/4/2011	11:37:22	25.9	341
5/4/2011	11:38:22	21.6	323
5/4/2011	11:39:22	78.9	330
Өдөр	Цаг, хугацаа	Салхины хэмжигдсэн хурд(u), [м/с]	Салхины хэмжигдсэн чиглэл(ϕ_0), [градус]
5/4/2011	11:40:22	37.7	328
5/4/2011	11:41:22	31.1	334
5/4/2011	11:42:22	16.1	334
5/4/2011	11:43:22	15	336
5/4/2011	11:44:22	16	336
5/4/2011	11:45:22	14.6	333
5/4/2011	11:46:22	14.9	337
5/4/2011	11:47:22	15.8	342
5/4/2011	11:48:22	15.3	346
5/4/2011	11:49:22	15.9	336
5/4/2011	11:50:22	14.2	337
5/4/2011	11:51:22	17.1	335
5/4/2011	11:52:22	16	337
5/4/2011	11:53:22	17.9	346



Зураг 1. Салхины хэмжигдсэн хурдны хугацааны түгэлт

II. САЛХИНЫ ДОТОРХИ ХҮЙ, ТҮҮНИЙ ЗАГВАРЧЛАЛ

Хэдийгээр салхины хурд бага боловч түүн доторхи хуйн эргэлтийн хурд их байвал хэмжигдэж байгаа хурд өндөр байх боломжтой юм. Салхины доторхи хуйн хөдөлгөөнийг дараах байдлаар дүрсэлж болно (Зураг 2).



Зураг 2. Салхины доторхи хуйн хөдөлгөөний дүрслэл (Салхины хэмжигч багажийг дайран өнгөрөх цэгүүдийг тасархай улаар шугамаар тэмдэглэв.)

Хуй бүртгэгдэж байгаа тохиолдолд салхины хэмжигдсэн хурд нь хамгийн ихдээ хуйн эргэлтийн тангенциаль хурд ба салхины шилжилтийн хурдны нийлбэртэй тэнцүү эсвэл энэ утгаас бага утга авна. Хуйн тангенциаль хурдны утга түүний шинж чанар хэлбэрээс хамаардаг [7]. Хуйг түүний хэлбэр, хэмжээ шинж чанараас нь хамааруулан нэлээд олон ангилдаг [8]. Хэвтээ хавтгай дээрх хөдөлгөөн нь хамгийн энгийнээр дүрслэгддэг хуйн хэлбэрт (i) төгсгөлөг радиустай хуй, (ii) Ранкины хуй ордог.

1. Төгсгөлөг хэмжээтэй хуй.

Төгсгөлөг R радиустай хуйн хэвтээ хавтгайд эргэлдэх хөдөлгөөнийг авч үзье. Хуйн эргэлтийн өнцөг хурдыг ω гэж тэмдэглэвэл ийм төгсгөлөг хэмжээтэй хуйн эргэлтийн буюу тангенциаль хурд v нь эргэлтийн радиус R -ээс хамаарч дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ:

$$v = \omega \times R \quad (1)$$

Энэ хурд тойрогт үргэлж шүргэгчээр чиглэх ба хэмжээ нь дараах хэлбэртэй байна:

$$v = \omega R \quad (2)$$

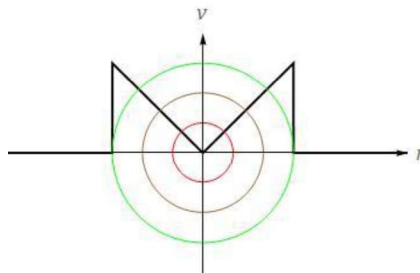
Ийм хуйн тангенциаль хурд нь хуйн радиусаас хамаарч хэрхэн өөрчлөгдөхийг Зураг 3-т дүрслэв.

2. Ранкины хуй.

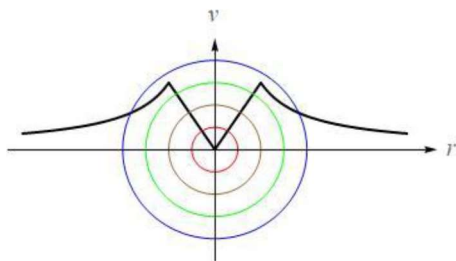
Энэ загварт хуйн тангенциаль хурд дараах хэлбэртэй өгөгддөг:

$$v = \begin{cases} \frac{r}{R} \text{ хэрэв } 0 \leq r \leq R, \\ \frac{V_R R}{r} \text{ хэрэв } R \leq r, \end{cases} \quad (3)$$

энд: R -хуйн хамгийн их хурд ажиглагдах тойргийн радиус, V_R -хуйн тангенциаль хурдны хамгийн их утга. Энэ хурдыг Зураг 4-т дүрслэн үзүүлэв.



Зураг 3. Төгсгөлөг радиустай хуй, түүний тангенциаль хурдны диаметрийн дагуух түгэлт



Зураг 4. Ранкины хуй, түүний тангенциаль хурдны диаметрийн дагуух түгэлт

Энэ хуйн онцлог нь хуйн төвөөс холдох тусам тангенциаль хурд нь ихэссээр радиусын тодорхой нэг Рутган дээр хамгийн утга авч цааш зайнаас хамаарч урвуу хуулиар буурдаг. Эдгээр хуйн нэг ерөнхий онцлог нь тэдгээрийн тангенциаль хурд хуйн эргэлтийн тойргийн радиусаас хамааран өөрчлөгдөх чанар юм. Одоо салхин дотор эдгээр хуй ажиглагдаж байх тохиолдлуудыг авч үзье. Хуй нь салхиар зөөгдөх учраас хуйншилжих хурд нь салхины хэвтээ тэнхлэгийн дагуух шилжилтийн хурд v_0 -тэй тэнцүү байх нь тодорхой. Энэ тохиолдолд хэмжих багажид бүртгэгдэх салхины хурд ямар байхыг олѐ. Салхи нь салхины хурдыг хэмжих D багажийг хамгийн их хурдтай тойргийнхоо $2\alpha_0$ төвийн өнцөгтэй хөвчөөр дайран гардаг гэе (Зураг 5). Хуйн төвийг тооллын бие болгонавбал хуйн хөдөлгөөнийг хэмжих багажийнхөдөлгөөнөөр сольж болно (Энэ тохиолдолд хуйг бус багажийг хөдөлж байгаа гэж үзнэ). Тэгвэл салхины хурд хэмжигч багаж хуйн эргэлтийн тангенциаль хурд v ба салхины шилжих хөдөлгөөний хурдны вектор v_0 -ийн вектор нийлбэрийн модулийг хэмжинэ. Салхины хэмжигдэх хурдны векторыг u гэж тэмдэглэвэл эдгээр хурдны векторуудыннийлбэр дараах хэлбэртэй бичигдэнэ:

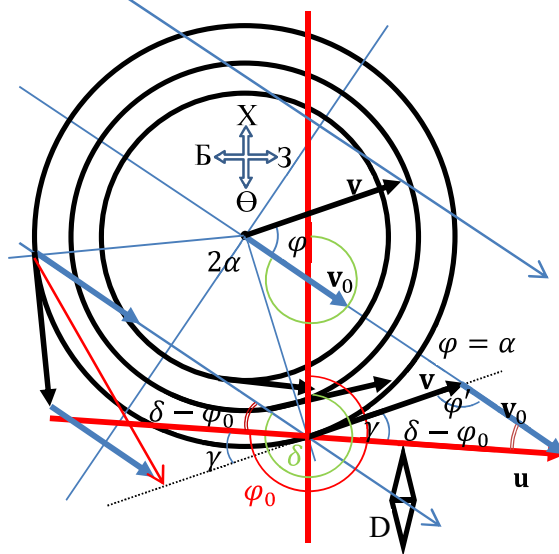
$$u = v_0 + v \quad (3)$$

Энэ векторын модуль буюу хэмжигдэх хурдны утга

$$u = \sqrt{v_0^2 + v^2 + 2v_0v \cos \varphi} \quad (4)$$

энд: φ -салхины шилжилтийн хурд ба хуйн эргэлтийн хурдны (тангенциаль хурд) хоорондох өнцөг. Энэ өнцөг тухайн тойргийн хувьд багажийг дайран гарч байгаа хөвчид харгалзах төвийн өнцгийн хагас буюу α -тай үргэлж тэнцүү, $\varphi = \alpha$ байхыг Зураг 5-ыг ашиглан хялбархан баталж болно. Энэ өнцөг хөвчийн дагууд тойрог бүр дээр өөр өөр утгатай бөгөөд $\{-\alpha_0, \alpha_0\}$ (энд: α_0 -Ранкины хуйн хувьд хамгийн их хурдтай тойргийн хөвчид харгалзах төвийн өнцөг, харин төгсгөлөг хуйн хувьд

хамгийн захын тойргийн багаж дайрах шулууны дагуух хөвчид харгалзах төвийн өнцөг) хязгаарт утгаа авна.



Зураг 5. Салхин дотор ажиглагдах хуйн ерөнхий дүрслэл (Энэ зурагт салхины хурдыг хэмжих багажийг D -ээр, салхины шилжилтийг цэнхэр өнгөтэй сумтай шулуунаар, хуйг тойргуудаар дүрслэв. Салхины шилжилтийн явцад хуй нь хурд хэмжих багажийг атөвийн өнцөгтэй хөвчийн дагууд дайрна. Ерөнхийн зүг чигийг зургийн төвд тэмдэглэв)

Эндээс үзвэл салхины дотор хуй ирэх тохиолдолд салхины хурдны хэмжигдэх утга нь салхины шилжилтийн хурд болон хуйн эргэлтийн тангенциаль хурдны вектор нийлбэрийн модулиар тодорхойлогдоно. Салхины шилжилтийн явцад хэмжих багаж хуйн тодорхой нэг хөвчийн дагуу шилжих ба хугацааны эгшин бүрд өөр өөр хурдтай эргэлдэх тойрог дээр байрлана. Үүний зэрэгцээ хуйн тойрог бүрийн багаж шилжих шулууны дагуу байрлах хөвчийн төвийн өнцөг өөр өөр байх учраас хуйн тангенциаль хурдны салхины шилжих чиглэлтэй харьцуулсан өнцөг мөн хугацаанаас хамаарч өөрчлөгдөнө. Ингэж салхины шилжилтийн явцад хуй багажаар дайран өнгөрөх явцад хуйн хөвчийн төвийн өнцгөөс хамаарч хуйн тангенциаль хурдны байгуулагч нь өөрчлөгдөх учраас салхины бүртгэгдэж байгаа хурд мөн өөр утгатай бүртгэгдэнэ. Салхины чиглэлийг хойд зүгийг заах шулуунаас эхлэн цагийн зүүний дагуу тоолдгийг дээр дурдсан(Зураг 5). Хэмжигдэж байгаа салхины чиглэлийг зурагт φ_0 -оор тэмдэглэв (хойд зүгтэй харьцангуй). Эндээс үзвэл салхины дотор хуй ирэх тохиолдолд салхины хурдны хэмжигдэх чиглэл нь хугацаанаас хамаарч үргэлж өөрчлөгдөнө.

Иймээс хуйг танихын тулд салхины хурдны хэмжигдэж байгаа чиглэл өөрчлөгдөж байгаа эсэхийг шалгах ёстой.

III. ХЭМЖИЛТИЙН ӨГӨГДЛӨӨС САЛХИ БОЛОН ХУРДНЫ ПАРАМЕТРУУДИЙГ ТООЦООЛОХ НЬ

Салхины автомат систем нь салхины хурд болон салхилах чиглэлийн хойг зүгтэй харьцангуй утгыг нэг минутын дундаж утгаар нь бүртгэж тухайн эгшинд нь харгалзуулан хадгалдаг. Ийм учраас салхины хурдны хэмжигдсэн утгаиболон салхины чиглэл φ_0 өнцгийн талаар харьцангуй өргөн мэдээллийн сан бүрэлдсэн байдаг. Энэ мэдээллийн сангаасбид өндөр хурд ажиглагдсан хэсгийн өгөгдлийг шүүж аваад уг өгөгдлийг шинжлэн салхины чиглэл, салхины хурд болон өндөр хурд ажиглагдаж байгаа хэсэг нь хуйнаас үүдэлтэй эсэхийг тогтоож болно. Түүнчлэн ажиглагдаж байгаа өндөр хурд хуйнаас үүдэлтэй нь тогтоогдвол уг хуйн хэвтээ хавтгай дээрх параметруудийг тодорхойлох боломжтой юм. Хэмжилтийн өгөгдлөөс салхины шилжилтийн хурд болон салхины чиглэлийг тодорхойлж болно. Салхины шилжилтийн хурдыг олохдоо өндөр хурд ажиглагдсан интервалын өмнөх ба дараах бараг жигд утгатай хурдуудын статистик дундажийг эхлээд олж дараа нь энэ хоёрын дундаж утгыг салхины хурд гэж үзнэ. Ийм байдлаар дундажлавал дээрх хүснэгтэд (Хүснэгт 1) өгөгдсөн өгөгдлийн хувьд салхины дундаж хурд $v_0 = 15.82$ м/с байна. Үүний адилаар салхины шилжилтийн хурдны чиглэл буюу салхины чиглэлийг тогтоож болно. Үүнийг салхины хэмжигдсэн чиглэл φ_0 -ийн статистик дундажаар тодорхойлно. Салхины чиглэлийг цаашид δ үсгээр тэмдэглэх болно. Дээрх өгөгдлийн хувьд салхины дундаж чиглэл $= 339.42^\circ$ байна. Зургаас харахадсалхины шилжилтийн хурдны вектор ба салхины хэмжигдсэн хурдны векторын хоорондох өнцөг ньсалхины чиглэлээс хэмжигдсэн өнцгийг хассан

$$\delta - \varphi_0$$

ялгавартай тэнцүү байх нь ойлгомжтой. Салхины шилжилтийн хурд, хэмжигдсэн хурд болон тэдгээрийн хооронд өнцөг мэдэгдэж байгаа болхуйн тухайн радиуст харгалзах тангенциаль хурдны хэмжээгкосинусын теоремээртодорхойлж болно. Хуйн тухайн радиуст харгалзах эргэлтийн хурдны вектор:

$$\mathbf{v} = \mathbf{u} - \mathbf{v}_0,$$

харин хэмжээ нь

$$v = \sqrt{u^2 + v_0^2 + 2uv_0 \cos(\pi - (\delta - \varphi_0))}.$$

Энэ хурд нь хуйн тухайн нэг радиуст харгалзах эргэлтийн хурдны хэмжээ юм. Хуйнтухайн цэг дээрх эргэлтийн хурдны вектор бахэмжигдсэн хурдны векторын хоорондох өнцгийг γ -аар тэмдэглэе. Салхины шижитийн хурд $\mathbf{v}_0$ -ийг дараах байдлаар $\mathbf{v}$ ба $\mathbf{u}$ -аар илэрхийлж болно:

$$\mathbf{v}_0 = \mathbf{u} - \mathbf{v}.$$

Энэ векторын хэмжээ

$$v_0 = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos \gamma}$$

байх учраас γ өнцгийг дараах томъёогоор тодорхойлж болно:

$$\gamma = \arccos\left(\frac{(u^2 + v^2) - v_0^2}{2uv}\right)$$

Энэ өнцөг салхийг шинжлэхэд чухал ач холбогдолтой бөгөөд хэмжилийн явцад утга нь үргэлж өөрчлөгдөнө. Өнцөг γ мэдэгдэж байгаа бол (хэмжих багажийг дайрч байгаа хуйн тухайн радиустай тойргийн багаж байрлах цэг дээрх) хуйн тангенциаль хурдны хойд зүгтэй харьцангуй өнцөг нь

$$\varphi_0 - \gamma$$

ялгавраар тодорхойлогдоно. Үүнээс гадна γ өнцөг мэдэгдэж байгаа бол $\varphi = \alpha$ өнцгийг дараах байдлаар тодорхойлж болно:

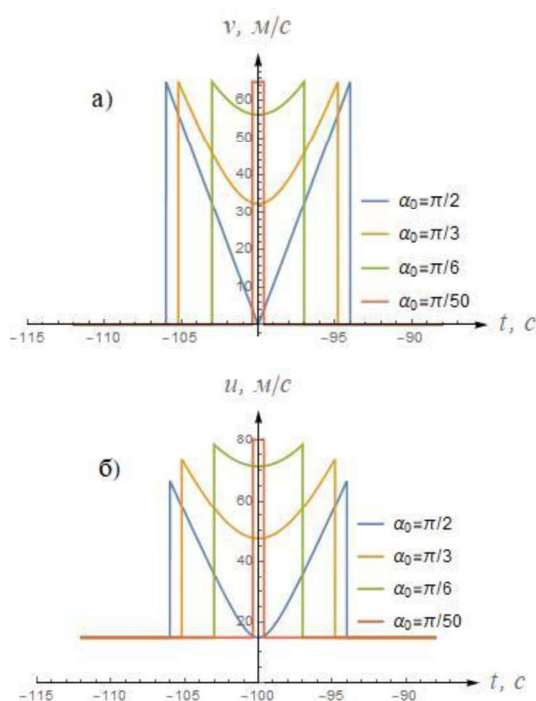
$$\varphi = \alpha = \gamma + \delta - \varphi_0$$

Энэ өнцөг нь хуйн хэмжих багажийг дайран өнгөрч байгаа хөвчид харгалзах оройн (төвийн) өнцөг юм. Хэрэв тооцоо зөв болхугацааны эгшин бүрд $\gamma, \delta - \varphi_0, \varphi$ өнцгүүдийн нийлбэр π байх нөхцөл үргэлж хангагдаж байх ёстой. Үүнийг ашиглан тооцоо зөв үргэлжилж байгаа эсэхийг шалгаж болно. Нөгөө талаас хэрэв хуй байгаа бол хуйн эргэлтийн хурдны хамгийн их утга ажиглагдаж байгаа цэгийн хувьд γ өнцөг тэг юмуу тэгд ойрхон байх ёстой. Үүний зэрэгцээ φ хамгийн бага утгандаа хүрч байх ёстой. Эдгээрийгхуй ажиглагдаж байгаа эсэхийг тогтоох шалгуур болгон авч болно. Жишээ болгон өгөгдлийг (Хүснэгт 1)нарийвчлан доор авч үзье. Энэ хүснэгтийн эхний 4 баганад хэмжилтийн үр дүнг үзүүлсэн болно. Дээрх загварыг ашиглан тооцоолж гаргасан салхины болон хуйн зарим параметрийг дараагийн баганануудад үзүүлэв.

Он, сар, өдөр	Хугацааны эгшин	φ_0 -салхины хэмжигдсэн чиглэл	v_0 -салхины шилжилтийн хурд	δ -сал- хины чиглэл	$\delta - \varphi_0$	v -хуйн хурд	γ	$\varphi = \alpha =$ $\gamma + \varphi_0 - \delta$	$\varphi' = \pi - \varphi$
5/4/2011	11:25:22	16.1	324 15.82	339.42°	15.42	4.291339	78.58279	94.00279	85.997208
5/4/2011	11:26:22	18.8	332 15.82	339.42°	7.42	3.723095	33.28082	40.70082	139.29918
5/4/2011	11:27:22	18.8	333 15.82	339.42°	6.42	3.551144	29.87627	36.29627	143.70373
5/4/2011	11:28:22	17.5	340 15.82	339.42°	-0.58	1.688422	5.442511	6.022511	173.97749
5/4/2011	11:29:22	17.7	340 15.82	339.42°	-0.58	1.887616	4.866714	5.446714	174.55329
5/4/2011	11:30:22	16.8	340 15.82	339.42°	-0.58	0.993798	9.273134	9.853134	170.14687
5/4/2011	11:31:22	15.2	341 15.82	339.42°	-1.58	0.753159	144.6085	146.1885	33.811543
5/4/2011	11:32:22	14.2	353 15.82	339.42°	-13.58	3.896811	107.5914	121.1714	58.828602
5/4/2011	11:33:22	11.9	350 15.82	339.42°	-10.58	4.66555	141.4952	152.0752	27.924846
5/4/2011	11:34:22	14.3	353 15.82	339.42°	-13.58	3.867763	106.1792	119.7592	60.240838
5/4/2011	11:35:22	14.4	348 15.82	339.42°	-8.58	2.667474	117.7727	126.3527	53.647278
5/4/2011	11:36:22	13.8	341 15.82	339.42°	-1.58	2.060681	167.7793	169.3593	10.640687
5/4/2011	11:37:22	25.9	341 15.82	339.42°	-1.58	10.09544	2.476386	4.056386	175.94361
5/4/2011	11:38:22	21.6	323 15.82	339.42°	16.42	7.828257	34.83786	51.25786	128.74214
5/4/2011	11:39:22	78.9	330 15.82	339.42°	9.42	63.34627	2.342605	11.7626	168.2374
5/4/2011	11:40:22	37.7	328 15.82	339.42°	11.42	22.41316	8.033671	19.45367	160.54633
5/4/2011	11:41:22	31.1	334 15.82	339.42°	5.42	15.42329	5.559845	10.97984	169.02016
5/4/2011	11:42:22	16.1	334 15.82	339.42°	5.42	1.5349	76.791	82.211	97.788996
5/4/2011	11:43:22	15	336 15.82	339.42°	3.42	1.231922	129.9977	133.4177	46.58234
5/4/2011	11:44:22	16	336 15.82	339.42°	3.42	0.966427	77.56063	80.98063	99.019366
5/4/2011	11:45:22	14.6	333 15.82	339.42°	6.42	2.094105	122.3584	128.7784	51.221646
5/4/2011	11:46:22	14.9	337 15.82	339.42°	2.42	1.125544	143.5955	146.0155	33.984497
5/4/2011	11:47:22	15.8	342 15.82	339.42°	-2.58	0.712137	90.31893	92.89893	87.101074
5/4/2011	11:48:22	15.3	346 15.82	339.42°	-6.58	1.859892	102.918	109.498	70.501992
5/4/2011	11:49:22	15.9	336 15.82	339.42°	3.42	0.949919	83.46111	86.88111	93.118887
5/4/2011	11:50:22	14.2	337 15.82	339.42°	2.42	1.739281	157.4145	159.8345	20.165472
5/4/2011	11:51:22	17.1	335 15.82	339.42°	4.42	1.802086	42.57463	46.99463	133.00537
5/4/2011	11:52:22	16	337 15.82	339.42°	2.42	0.695621	73.79684	76.21684	103.78316
5/4/2011	11:53:22	17.9	346 15.82	339.42°	-6.58	2.838501	39.69153	46.27153	133.72847

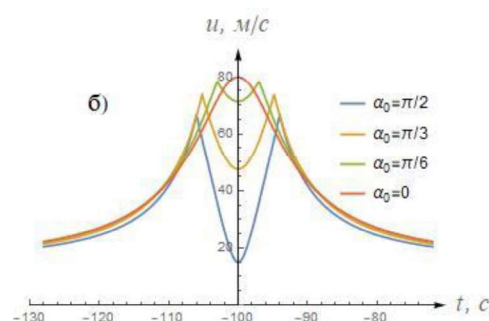
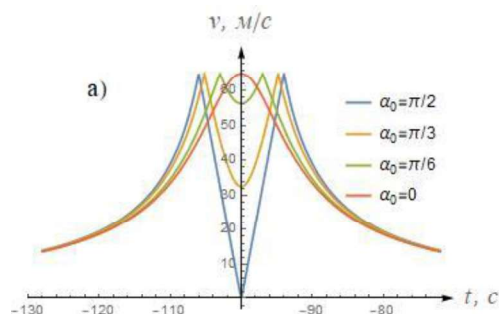
Энэ тооцооны утгуудыг дээр өгүүлсэн шалгууруудын хүрээнд авч үзвэл салхины хэмжигдсэн хурд хамгийн их байгаа тэр цэг дээр γ өнцөг тэгд ойрхон, φ хамгийн бага утгатай байна. Ийм учраас бид энд хуй ажиглагдаж байна гэж дүгнэж болно. Салхины хэмжигдсэн хурд хамгийн их байгаа тэр цэгийн орчимд ажиглагдахонцлогийг хуйн хэлбэрээс хамааруулан авч үзье. (2) ба (5) томъёог ашиглан

хуйн тангенциаль хурд болон энэ хуй ажиглагдаж байх үеийн хэмжигдэх хурдны утгын хугацааны хамаарлыг төвийн өнцгийн янз бүрийн утганд байгуулж болно.



Зураг 6. а) Төгсгөлөг радиустай хуйн тангенциаль хурдны хугацаанаас хамаарах хамаарал б) Төгсгөлөг радиустай хуй ажиглагдах үеийн салхины хэмжигдэх хурдны хугацаанаас хамаарах (Энэ хамаарлыг захын тойрог нь $R = 90$ м радиустай хуйг $v_0 = 15$ м/с салхины дотор оруулж байгуулав. Хуйн захын тойрог дээрх тангенциаль хурд $v = 65$ м/с болно.)

Үүнийг байгуулахын тулд хуйн тойргийн радиусыг мэдэх шаардлагатай болдог. Салхины шилжилтийн явцад багаж хуйн өөр өөр хурдтай тойрог дээр байрлах учраас эдгээр тойрог бүрийн багаж байрлах шулууны дагуух хөвчийн төвийн өнцөг хугацаанаас хамаарч өөрчлөгдөнө. Хэдийгээр хуйн хамгийн их тангенциаль хурдтай тойргийн R радиусыг хэмжилтийн өгөгдлийг ашиглан зарчмын хувьд



Зураг 7. а) Ранкины хуйн тангенциаль хурдны хугацаанаас хамаарах хамаарал б) Ранкины хуй ажиглагдах үеийн салхины хэмжигдэх хурдны хугацаанаас хамаарах (Энэ хамаарлыг хамгийн их хурдтай тойрог нь $R = 90$ м радиустай хуйг $v_0 = 15$ м/с салхины дотор, хамгийн их хурдтай тойргийг янз бүрийн α төвийн өнцөгтэй хөвчөөр огтолж байхаар оруулав. Энэ хуйн хамгийн их тангенциаль хурд $v = 65$ м/с болно)

тодорхойлох бүрэн боломжтой боловч энэ шатанд бид зөвхөн хуйнд ажиглагдаж болох зарим шинж чанарыг тогтоох зорилготой учраас түүнийг авч үзэлгүйгээр хуйн радиусыг шууд өгөгдсөн гэж үзээд тооцоо хийж болно. Тэгвэл хуй хамгийн их хурдтай байх R радиустай тойргийн α_0 төвийн өнцөгтэй хөвчөөрөө хэмжих багажийг дайран өнгөрч байх үед хуйн бусад тойргийн энэ шулууны дагуух төвийн өнцгийн хугацаанаас хамаарах хамаарал дараах томьёогоор илэрхийлэгдэнэ:

$$\alpha = \arccos \left[R \cos \alpha_0 / \sqrt{(v_0 t)^2 + R^2 \cos^2 \alpha_0} \right].$$

Судлагч пульсын өдөөгч пульсаас хоцрох хугацаа (τ)-ны тодорхой нэг уясан утганд судлагч ба жишиг пульсуудыг үүсгэх интерферограмыг дифракцын спектрометр ашиглан долгионы уртын огторгуйд хэмжсэн. Уг интерферограмыг Зураг 4-т үзүүлэв. Хоцрох хугацаа (τ)-ны ялгаатай хэд хэдэн утганд интерферограмыг давтан хэмжив. Эхний хэмжилт өдөөгч пульс судлагч пульсаас хол хоцорсон ($\tau = -340$ fs) үед гүйцэтгэгдсэн бол 2-р хэмжилтээс ($\tau = -100$ fs) 12-р хэмжилт ($\tau = 100$ fs) хүртэлх хэмжилтүүдийн хоцрох хугацааг ижил 20 fs алхамтайгаар ихэсгэн хэмжсэн. Сүүлийн хэмжилт нь өдөөгч пульс судлагч пульсаас хол түрүүлсэн ($\tau = -340$ fs) үед гүйцэтгэгдсэн. Бүх хэмжилтийг тухайн цэгт бэхлэгдсэн байх үед 10 удаа давтан хийж дундаж утгыг авсан. Энэ процедурыг ашиглан төгсгөлөг хэмжээтэй хуй болон Ранкины хуйн хувьд тангенциаль хурд ба хэмжигдэх хурд хугацаанаас хэрхэн хамаарахыг тооцоолсон үр дүнг Зураг 6,7-ийн а, б-д үзүүлэв. Эдгээрээс бид ажиглагдаж болох хуй дараах үндсэн шинж чанаруудтай байхыг тогтоож болно. Үүнд:

1. Ажиглагдаж буй хуй хэмжих багажийг аль хөвчөөрөө дайрч байгаагаас хамаарч түүний

- хэмжигдэх хурдны утга нь өөр өөр байх бөгөөд хамгийн өндөр хурдтай тойргоос бага радиустай аль нэг тойргийн хөвчийг дайрч байвал хэмжигдсэн хурдны хамгийн их утга хоёр удаа ажиглагдаж болох бөгөөд эдгээрийн хооронд заавал минимум утга ажиглагдана (Зурагт дүрслэгдсэн хонхойлтуудыг үз),
2. Хэмжигдэх хурдны утганд ажиглагдах хонхойлтын өргөн болон гүн нь хөвчийн төвийн өнцгөөр тодорхойлогдоно. Багажийг дайран гарч байгаа хөвчийн төвийн өнцөг их байвал хотойлтын гүн их байх бөгөөд өргөн байна,
 3. Салхины шилжилтийн хурд багабайвал хотойлт өргөн байхыг мөн тогтоож болно,
 4. Ажиглагдаж буй хуй хэмжих багажийг аль хөвчөөрөө дайрч байгаагаас хамаарч түүний хэмжигдэх хурдны утга ажиглагдах мужийн өргөн өөр өөр байх бөгөөд хэмжих багаж хуйн төв рүү ойр байх тусам өндөр хурд бүртгэгдэх мужийн хугацааны интервал өргөн байна, (Зурагт энэ нь хэмжигдэх хурдны муруйн өргөсөлтөөр дүрслэгдсэн),
 5. Хуйн радиус их байвал өндөр хурд бүртгэгдэж буй интервал өргөн байна,
 6. Хэмжих багаж хуйн төвийг дайран гарч байвал хамгийн өндөр хурд бүртгэгдсэн хоёр эгшний хооронд салхины шилжилтийн хурдтай тэнцүү утга заавал бүртгэгдсэн байна,
 7. Хэмжих багаж хуйн төвөөс алслах тусам бүртгэгдэх хурдны утгын хамгийн их утга нэмэгдэнэ,
 8. Хэрэв салхины шилжилтийн явцад төгсгөлөг хэмжээтэй хуйн захын тойрог хэмжих багажийг ганц цэгээр дайран өнгөрч байвал хэмжигдсэн хурд $u = \sqrt{v_0^2 + v^2 + 2v_0v}$ гэж тодорхойлогдох хамгийн их ганцхан утга авна,
 9. Хэрэв Ранкины хуй хамгийн их хурдтай тойргийнхоо ганц цэгээр хэмжих багажийг дайран өнгөрч байвал хэмжигдсэн хурд $u = v_0 + v$ гэж тодорхойлогдох бөгөөд хамгийн их утгаасаа хоёр тал руугаа буурсан утгууд авна. Ө.х хурдны дунд хонхор үүсэхгүй.
 10. Багаж энэ хурдыг дундажлан бүртгэдэг учраас бид дээрх хамаарлуудыг хэмжилтийн үр дүнгээс шууд байгуулж чадахгүй. Хэмжилтийн үр дүн дотор ажиглагдаж байгаа өндөр утгууд нь эдгээрийг нэг минутын интервалтайгаар дундажласан утга юм.
- Одоо хуйт салхин дотор ажиглагдаж болох дээрх чанаруудыг үндэслэн өмнөх өгөгдөл дотор ажиглагдсан хуйн талаар дараах дүнэлтүүдийг хийж болно. Үүнд:
1. Өгөгдлийн санд бүртгэгдсэн хуйн тангенциаль хурд маш өндөр, $v = 100$ м/сээс илүү утгатай байж болно,
 2. Энд ажиглагдаж байгаа хуй нь төгсгөлөг хэмжээтэй хуй байх боломжгүй бөгөөд зөвхөн Ранкины хуй байх боломжтой,
 3. Ажиглагдаж байгаа хуйн хамгийн их тангенциаль хурдтай тойрог $R = 90$ м орчим радиустай учраас бүртгэгдсэн өндөр хурд зөвхөн том хэмжээтэй хуй үүссэн тохиолдолд ажиглагдах боломжтой,
 4. Өгөгдлийн сан доторхи өндөр хурд бүртгэгдсэн хэд хэдэн тохиолдлын хувьд өмнөх зүй тогтол хэвээр ажиглагдаж байгаа учраас бид олонхи тохиолдолд том хэмжээтэй Ранкины хуй үүсдэг гэж үзэж болно,
 5. Багаж энэ хурдыг дундажлан бүртгэдэг учраас бид дээрх функцийн зөвхөн дундаж хурдыг хамгийн их хурд гэж хүлээн авдаг.
- Салхины чиглэлийг ашиглан дэвшүүлж байгаа энэ загвар зөв эсэхийг шалгаж болно. Хэрэв дэвшүүлж буй загвар үнэн бол салхины хэмжигдсэн хурд ба түүнээс тодорхойлсон шилжилтийн хурдаар $\cos \varphi$ -г тодорхойлж эндээс гарган авсан φ өнцгийн утга нь хэмжилтийн өгөгдлөөс тодорхойлсон $\varphi = \alpha$ утгатай тэнцүү байх ёстой. Энэ судалгааны ажилд ашигласан өгөгдлийн санд салхины хурдыг гаргахдаа секунд бүрд хэмжиж эдгээрийн нэг минут тутам дахь дундаж утгыг авсан байдаг. Ийм учраас өгөгдөл дотор ажиглагдаж байгаа өндөр утга нь хэмжигдсэн хамгийн их утга биш бөгөөд үүнээс илүү өндөр хурд ч бүртгэгдэнэ. Гэхдээ эдгээр утгууд дундажлах үйлдлийн явцад алга болдог. Хуйн тангенциаль хурд өндөр бол хуй нэг минутын дотор олон удаа эргэж амжих бөгөөд энэ нэг минутын дотор хэмжигдсэн хурдны утгуудын дундаж нь бүртгэгдэнэ. Иймээс хэмжигдэх хурдны утга хуйн эргэлтийн өнцөг хурдаас бас хамаарч болно. Хуйн хөдөлгөөний шинж чанарыг бүрэн гаргая гэвэл энэ өгөгдлийг илүү бага интервалтайгаар хэмжиж авах шаардлагатай бөгөөд энэ тохиолдолд хуйг илүү нарийн судлан дүгнэлт гаргах боломжтой болох

юм. Харин бидний ашиглаж байгаа өгөгдлийг үндэслэн ийм нарийвчилсан судалгааг хийж дүгнэлт гаргах боломжгүй юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Дундговь аймгийн Мандалговь станц (2009 оноос, MAWS)
- [2] Vaisala (2013) User's Guide: Automatic Weather Station AWS310, Vaisala Oyj, Helsinki, pp-335.
- [3] Нацагдорж Л. Геоэкологийн хүрээлэнгийн бүтээл № 7. хуудас 194-212, 2008.
- [4] Sinclair P.C, Journal of atmospheric sciences, vol.30, pp.1599, 1973.
- [5] Gu1Z.et al., *Aerosol and Air Quality Research*, 10: 272–281, 2010
- [6] Sinclair P.C, Journal of applied meteorology, vol.8, pp.32, 1968.
- [7] Kanak, K. M, *Q. J. R. Meteorol. Soc.* **131**, pp. 1271–1292, 2005.(Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society)
- [8] BluesteinP, et al. Monthly weather review (American meteorological society) JANUARY pp. 209, 2004.
- [9] Renno N.O et al., Journal of the atmospheric sciences, vol. 55, pp. 3244, 1998.