

**СҮХБААТАРЫН БОЛОН БАЙЛДААНЫ ГАВЪЯАНЫ УЛААН
ТУГИЙН ОДОНТ, ЖАНЖИН Д.СҮХБААТАРЫН НЭРЭМЖИТ
ҮНДЭСНИЙ БАТЛАН ХАМГААЛАХ ИХ СУРГУУЛЬ**

**“ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШ ҮЙЛДВЭРЛЭХ
ТЕХНОЛОГИ БОЛОВСРУУЛАХ”
(ШИФР- “ХАТУУ ТҮЛШ”)
ТӨСЛИЙН ТАЙЛАН**

Төслийн удирдагч:

А.Хүү-Ухна - шинжлэх ухааны доктор (Sc.D), профессор;

Зөвлөх:

Ш.Паламдорж - шинжлэх ухааны доктор (Sc.D), профессор

Улаанбаатар 2023 он

**“ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШ ҮЙЛДВЭРЛЭХ
ТЕХНОЛОГИ БОЛОВСРУУЛАХ”
(ШИФР- “ХАТУУ ТҮЛШ”)
ТӨСЛИЙН ТАЙЛАН**

Төслийн удирдагч:

А.Хүү-Ухна -шинжлэх ухааны доктор (Sc.D), профессор;

Зөвлөх:

Ш.Паламдорж - шинжлэх ухааны доктор (Sc.D), профессор;

Төслийн гүйцэтгэгчид:

1. Б.Чадраабал- цэргийн ухааны доктор (Ph.D);

2. Б. Эрдэнэбат -техникийн ухааны доктор (Ph.D), профессор ;
3. Б. Далайбаатар -техникийн ухааны доктор (Ph.D) ;
4. Б. Батбаяр -цэргийн ухааны доктор (Ph,D) ;
5. Г. Хүрэлбаатар -техникийн ухааны магистр;
6. М.Түмэнбаяр -ҮБХИС-ийн докторант;
7. С.Мөнхсаруул -ҮБХИС-ийн докторант.

ГАРЧИГ

РЕФЕРАТ 3

УДИРТГАЛ7

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ: ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШНИЙ СУДАЛГАА

1.1. Хатуу түлшний онолын судалгааны тойм13

1.2. Хатуу түлшний төрөл, үйлдвэрлэх технологийн судалгаа14

1.3. Хатуу түлшний энергийн үзүүлэлтүүд 22

1.4. Энергийн ба дотоод баллистикийн үзүүлэлтийг тооцох арга ... 24

1.5. Тийрэлтэт хүч, хувийн импульс 32

1.6. Цэнэгийн хэлбэр дүрсийн ерөнхий үзүүлэлт 40

НЭГДҮГЭЭР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ 44

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ:ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШНИЙ БҮТЭЦИЙН СУДАЛГАА, ГАРГАЖ АВАХ АРГА, ТЕХНОЛОГИ

2.1. Тийрэлтэт сумны хатуу түлшний бүтэц45

2.2. Шатагч бодис, түүнийг гаргаж авах арга технологи 47

2.3. Исэлдүүлэгч бодис 48

2.4. Барьцалдуулагч бодис, технологийн нэмэгдэлүүд50

2.5. Орчин үеийн хатуу түлш51

ХОЁРДУГААР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ53

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШ ҮЙЛДВЭРЛЭХ ТЕХНОЛОГИ

3.1. Бага оврын хольцот хатуу түлш үйлдвэрлэх арга 54

3.2. Баллистит хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи 56

3.3. Загварын пуужингийн пиротехникийн хатуу түлш 57

3.4. АНУ-д хатуу түлш үйлдвэрлэдэг судалгаа 69

3.5. Хөдөлгүүрийн материал, дулааны хамгаалалт 93

ГУРАВДУГААР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ101

ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ: ХАТУУ ТҮЛШНИЙ ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙХ АРГА

4.1. 2 исэлдүүлэгчтэй хатуу түлшний шинжилгээ102

4.2. Термогравиметрийн шинжилгээ хийх аргачлал108

4.3. Дулааны дифференциал шинжилгээний арга 110

ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ 112

ТАВДУГААР БҮЛЭГ. Судалгааны ажлын үр дүн

5.1. Монгол орны түүхий эдийн судалгаа	115
5.2. Тийрэлтэт сумны хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи	130
5.3. Гранатометын сургалтын гранат хийх аргачлал.	146
5.4. Хатуу түлштэй пиротехникийн пуужин үйлдвэрлэх технологи . . .	150
5.5. Судалгааг хөгжүүлэх, үр дүнг инноваци болгох чиглэл	153
5.6. Хатуу түлш үйлдвэрлэх аюулгүйн дүрэм	155
ТАВДУГААР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ	159
Ерөнхий дүгнэлт, төгсгөл	160
Ашигласан ном, эх сурвалжийн жагсаалт	162
Хавсралт	167

РЕФЕРАТ

Түлхүүр үгс: тэсрэх бодис, дарь, хатуу түлш, хатуу түлшийг гарган авах технологи, хольцот түлш, пуужингийн түлш гарган авах технологи, дарь, хатуу түлш, цэнэг үйлдвэрлэх, урвалж бодисын нөөц.

Судалгааны ажлын үндэслэл: Улсын захиалгатай “Тийрэлтэт сумны хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи бооловсруулах” төслийг 2021-2022 онд Боловсрол, соёл, шинжлэх ухааны сайдын 2020 оны 03 дугаар сарын 23-ны өдрийн А/146 тоот тушаал, Захиалагч - Батлан хамгаалах яам, Санхүүжүүлэгч – Шинжлэх ухааны технологийн сан, гүйцэтгэгч байгууллага – Батлан хамгаалахын эрдэм шинжилгээний хүрээлэн, түүнийг түшиглэсэн эрдэмтдийн хамтлагийн 2020 оны 5 дугаар сарын 30-ны өдөр байгуулсан гурван талт гэрээ (дугаар 2020/ 06)- ний дагуу гүйцэтгэлээ.

Тайлангийн агуулга: Төслийн даалгаврын дагуу төслийн гүйцэтгэлийн тайлан, технологийн карт, төслийн үр дүнгээр бичигдсэн “Пиротехник судлал”-3 боть, “Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш” зэрэг 4 боть номны хамт тайлагнаж байна. Тайлан нь тийрэлтэт сумны хатуу түлш (загварын пуужингийн түлш, түүний хөдөлгүүр)-ийг дотооддоо үйлдвэрлэх технологи, техник эдийн засгийн үндэслэлийг боловсруулахад чиглэсэн судалгааны ажлын үр дүн юм.

Тайланд:

- Тийрэлтэт сумны хатуу түлш, хөөргөх болон удаашруулагч дарь гарган авах түүхий эд, химийн бодис, нэгдлийн талаар онол, практикийн судалгаа явуулсан үр дүнг;
- Өөрийн орны нөхцөлд тийрэлтэт сумны хатуу түлш, дарь гарган авах технологийн судалгаа явуулж, зарим технологийг сонгон авч санал болгосон;
- Дотооддоо тийрэлтэт сумны хатуу түлш, дарь үйлдвэрлэх үйлдвэр байгуулах ажлыг хэрэгжүүлэх зөвлөмж, аюулгүй байдлыг сахих наад захын зайлшгүй дагаж мөрдөх дүрэм , журмын төсөл;
- Тийрэлтэт сумны хатуу түлш, дарь үйлдвэрлэхэд хэрэглэх Монгол орны байгалийн баялаг, түүхий эдийн нөөцийн судалгаа, ашиглах үндэслэл боловсруулах арга зүй зэргийг тусгасан болно.

Тайлан нь 166 хуудастай, сурвалж, судалгааны 118 бүтээл ашигласан жагсаалттай, шинжээчийн гурван нотломжтой, судалгааны үр дүнгээр боловсруулалт хийсэн долоон хавсралттай болно. Энэхүү тайлан цаасан дээрх болон VCD дээрх гэсэн хоёр хувилбараар захиалагч байгууллагад нууцын бус зэрэгтэй тушааж байна. Тайлангийн салшгүй бүрэлдэхүүн хэсэгт туршилтын явц, үр дүнг баримтжуулсан фото зураг, видео бичлэг багтаж байгаа бөгөөд түүний

сүүлчийнхийг цаасан тайлан дээр товч агуулгыг үгүүлбэрээр, электрон тайлан дээр видео бичлэгээр илэрхийлсэн болно. Судалгааны дүнг нэгтгэсэн дээрх хоёр хэлбэрийн тайлан салшгүй нэг баримт бөгөөд видео бичлэг цаасан дээрх тайланг тодотгож өгнө.

Судалгааны даалгаварт тусгагдсан утга, агуулгаар:

Судалгааны объект нь тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш;

Судлах зүйл нь: Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшийг дотооддоо үйлдвэрлэх технологийн боломж (түүхий эд, технологи, техник, эдийн засгийн үндэслэл), арга зам байна.

Судалгааны ажлын зорилго нь: Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшийг дотооддоо үйлдвэрлэх технологийг боловсруулахад оршино;

Дээрх зорилгыг хэрэгжүүлэхийн тулд төслөөр дараах зорилтуудыг шийдвэрлэсэн:

- Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшний түүхий эд, химийн бодис, нэгдлийн судалгаа явуулж, өөрийн орны боломж, бололцоог судалсан;
- Орчин үед тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэж байгаа олон улсын туршлага, технологийг судалж өөрсдийн оновчтой гэж үзсэн технологийг сонгон авч боловсруулалтыг хийсэн;
- Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш гарган авах сонгосон технологийн дагуу хатуу түлш гарган авч турших, цэргийн зориулалтад нийцэх эсэхийг тогтоох лабораторийн туршилт, дулааны дифференциал болон термогравиметрийн шинжилгээ хийсэн;
- Боловсруулсан технологийн дагуу тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшний цэнэгийг лабораторийн нөхцөлд хийж туршин, цэргийн зориулалтад нийцэх эсэхийг тогтоох цэргийн тусгай аргыг хэрэглэн шинжилгээ дүгнэлт гаргасан;
- Гранатометын сургалтын гранат хийх аргачлалыг боловсруулж, буудах арга зүйн удирдамж боловсруулсан;
- Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшийг загварын пуужинд зориулан гарган авч үйлдвэрлэх арга зүйг боловсруулсан;

Судалгааны арга нь: харьцуулах, задлан шинжлэх, нэгтгэн дүгнэх, индукц, дедукц хийх, статистик шинжилгээ, лабораторийн болон полигоны туршилт хийх аргууд байлаа.

Судалгааны ажлын хүрээ, хязгаарлалт нь: тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш маш олон төрөл, ангилалтай тул энэхүү стратегийн ач холбогдолтой бүтээгдэхүүнээр гадаад улсаас хараат бус байх үндэсийг бүрдүүлэхэд нэн түрүүнд техник, технологийн хувьд шийдвэрлэж болох оновчтой хувилбарыг сонгож, тэдгээрийг гаргах технологи, техник, эдийн засгийн үзүүлэлтээр судалгааны ажлыг

хязгаарласан болно.

Төслийн гүйцэтгэлийн үр дүнгийн шинэлэг тал нь:

- Энэхүү төслийн үр дүнд стратегийн зориулалттай тийрэлтэт сум болон пуужингийн хатуу түлш , загварын пуужингийн пиротехникийн хөөргөгч цэнэгийг анх удаагаа дотооддоо үйлдвэрлэх боломжийг нээн судалж байгаад;
- Уул уурхайн үйлдвэрт хэрэглэдэг тэсрэх бодисын түүхий эдийг цэргийн хэрэгцээнд ашиглах нэг боломжийг нээж, давхар зориулалтаар үйлдвэрлэх арга, технологийг боловсруулсанд
- Эх орны байгалийн эрдэс бодис, түүхий эдийг стратегийн ач холбогдолтой салбарт цэргийн зориулалттай нөөц бүрдүүлэхэд төвлөрүүлэх арга замыг зааж өгсөнд;
- Байлдааны зориулалттай тийрэлтэт сум, пуужинг үйлдвэрлэх үндэсний технологийн эхийг тавьж, тэдгээрийн хатуу түлш, хөдөлгүүрийн техник, технологийн бүтэц ,зохион байгууламж, тавигдах шаардлага болон зохион бүтээх арга зүйг боловсруулсанд оршино.

Төслийн ач холбогдол нь:

Нэгдүгээрт, ерөнхий хандлагаараа:

- Үндэсний аюулгүй байдлыг хангахад тэсрэх бодис, сум галт хэрэглэлээр гадаад улсаас хараат бус байх нэг нөхцөлийг арилгахад тус дэм үзүүлж байгаад;
- Энэхүү төслөөр шийдвэрлэж буй тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш-стратегийн бүтээгдэхүүнийг дотооддоо гарган авах асуудал нь “цөөн зах зээл, цөөн нэр төрлийн бүтээгдэхүүний ... импортоос хэт хамааралтай үндэсний эдийн засгийн эмзэг байдлыг бууруулах”¹-д бүхэлдээ чиглэж байгаад;
- “... Стратегийн бараа, түүхий эдээр үндэсний үйлдвэрлэлийг ... хангах, үйлдвэрлэлийн тоног төхөөрөмжийн импортын таатай нөхцөлийг бүрдүүлэх”²-д чиглэж байгаад;
- Монгол Улсад батлан хамгаалах зориулалттай аж үйлдвэрийн цогцолбор байгуулахад дэмжлэг үзүүлэхэд энэхүү төсөл чиглэсэн зэрэгт оршино.

Хоёрдугаарт, хязгаарлагдмал хүрээгээрээ:

- Тэсрэх бодистой ажиллах үеийн аюулгүй байдлыг хангах, сахих нь түүнийг

¹ Монгол Улсын үндэсний аюулгүй байдлын үзэл баримтлал. 3.2.5.1. заалт;

² Монгол Улсын үндэсний аюулгүй байдлын үзэл баримтлал. 3.2.5.2. заалтын сүүлчийн хэсэг;

боловсруулан гаргахаас урьдач ач холбогдолтойг нотлосон түүхэн үнэнийг туршилт, судалгаандаа хэрэгжүүлж, энэ чиглэлд цаашид практик ажиллагаа явуулах дадлага, туршлага хуримтлуулсанд;

- Монгол Улсын Зэвсэгт хүчнийг өөрийн үйлдвэрийн тэсрэх бодисоор хангах боломжид бодит дэмжлэг үзүүлж буйд;
- Байлдааны зориулалттай тэсрэх бодис, дарь, пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэх үндэсний технологийг эзэмших онол, практикийн үндсийг тавьж байгаад;
- Зэвсэгт хүчний нөөцөд байгаа сум, галт хэрэглэлийн нөөцийг сэргээн шинэчлэх боломжийг нээж өгсөнд³;
- Цэргийн зориулалт бүхий тэсрэх бодисыг худалдан авдаг валютыг хэмнэх боломжийг ирээдүйд олгоход чиглэсэнд;
- Зэвсэг, галт хэрэглэл, хими, физик, радиоэлектроны мэргэжилтнүүд, зохион бүтээгч нарыг төсөлд оролцуулсанаар тэдний мэдлэг, ур чадвар, туршлагыг нэгтгэж, цаашид адил төстэй асуудлыг шийдвэрлэх арга ухаанд сургасанд;
- Зэвсэгт хүчний хэмжээнд тэсрэх бодисыг ашиглах, үйлдвэрлэхэд чиглэсэн сургалт, судалгааны материаллаг бааз (төслийн хүрээнд дөрвөн ном⁴ сурах бичиг, гарын авлага⁵ боловсруулан ҮБХИС-ийн сургалт, судалгааны ажлын эргэлтэд оруулсан)-ыг дээшлүүлэхэд тусалсанд;
- Зарим нэр төрлийн удаан үйлчилгээтэй, хүч багатай загварын пуужин, өргөн хэрэглээний ахуйн зориулалттай бодис, уусмалыг загварын пуужингийн хатуу түлш болгон зах зээлд нийлүүлэх боломжтой болохыг нотлон харуулж өгсөнд агуулагдаж байгаа юм.

³ А. Хүү-Ухна. Зэвсэг, галт хэрэглэлийн стратегийн хангалт, түүнийг шийдвэрлэх зарим асуудал. УБ., 2022., Цэргийн шинжлэх ухааны докторын зэрэг горилсон диссертац.

⁴ Хүү-Ухна.А. Пиротехник судлал, боть 1.,2, 3 ..УБ.,: Сэлэнгэпресс., 2021.,223х, ISBN 978-9919-24-762-1.

⁵ Хүү-Ухна.А. Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш. УБ.,2022., 216 х, ISBN 978-9919-0-0202-2.

УДИРТГАЛ

Цэргийн шинжлэх ухааны хуульд дайны явц, үр дүн, төгсгөл нь дайтагч талуудын эдийн засаг, ёс суртахуун-улс төр, шинжлэх ухаан-техникийн болон цэргийн бодит чадавхаас хамаарна гэж заасан байдаг.

Үүнээс цэргийн бодит чадавх нь операц, байлдааны талбар дээр зэвсэгт тэмцэл явуулж байгаа цэргийн зэвсэг, галт хэрэглэлийн хангалт, түүний үр өгөөжөөс шууд хамаардаг. Дайсны довтолгооныг няцаах, цохилт, дайралтыг нь хязгаарлахад зэвсэг, галт хэрэглэлийн хангалтаас гадна, зэвсэг, цэргийн техник (ЗЦТ)-ийн сэргээн босголт, засвар үйлчилгээ, үйлдвэрлэлээс бас хамаарна. Энэ үүднээс зэвсэг, галт хэрэглэлийн хангалтыг онолын хүрээнд хүрээнд авч үзэх аваас цэргийн стратегийн онолын асуудал болно.

Зэвсэгт тэмцлийг явуулах онол, практикт тагнуул - цохилтын, тагнуул - галын цогцолбор, систем, нэн өндөр цэцтэй зэвсэг өргөн хэмжээгээр нэвтэрсэн нь зэвсэг, галт хэрэглэлийн хэрэгцээг нэмэгдүүлэх, цэргийн техник, материалын хангалтын онол, практикийн зарим асуудлыг шинээр авч үзэхийг нөхцөлдүүлж байна.

Операц, байлдааны зорилго нь нэгтгэл, ангиудын идэвхтэй, тууштай байлдааны ажиллагаагаар болон бүх төрлийн зэвсгийн хүчтэй цохилтыг цаг тухайд нь дайсанд өгч, үр дүнд нь дайсны хүн хүчийг болон түүний зэвсэг, цэргийн техникийг устгах, олзлох, цаашид эсэргүүцэх чадварыг нь дарахад оршдог. Үүнд, өнөө үеийн “цөмийн бус тогтоон барих систем”⁶, “цөмийн зэвсгийн өмнөх тогтоон барих систем”⁷, “давхар тогтоон барих систем”⁸ гэсэн олон янзын нэр зүүгээд байгаа НӨЦЗ-ийн систем чухал үүрэг гүйцэтгэдэг болжээ. Үүнийг практик талаас нь харвал, зэвсэг, галт хэрэглэлийн хангалтын хэмжээнд нөлөөлөгч дээрх цогцолбор, систем дотроос, 1990 оноос хойш нэн өндөр цэцтэй зэвсэг (НӨЦЗ)-ийн хэрэглээ тогтмол нэмэгдэж байна. Тухайлбал, АНУ-ын арми болон түүний холбоотнуудаас зэвсэгт мөргөлдөөнд НӨЦЗ-ийг “Цөлийн шуурга” ажиллагааны үеэр (Ирак, 1991), “Шийдвэртэй хүч” (Югослав, 1999), “Мятаршгүй эрх чөлөө” (Афганистан, 2001) ба Иракийн эрх чөлөө (Ирак, 2003) зэрэгт хэрэглэсэн хэмжээ нь бүх устгах хэрэгслийн дотор эзлэх хувь нь он дарааллаар 10, 25, 60, 70 хувиар тус тус өссөн байна.

Алсын зайнаас цохилт өгөх НӨЦЗ нь цэрэг-стратегийн тэнцвэрт байдалд үзүүлэх эерэг, сөрөг нөлөө үзүүлээд зогсохгүй, зэвсэг, галт хэрэглэлийн хангалтад хүчтэй нөлөө үзүүлж байгаа юм. Ийм зэвсгийн системийг хязгаарлахад чиглэсэн хяналтын дэглэм хараахан бий болоогүй (эсвэл албан ёсны санаачилга ч дэвшүүлээгүй) байгаа нь цөмийн зэвсгээс бүр ч илүү нөлөөтэй байх хандлага урт

⁶ Военная доктрина Российской Федерации. Москва, 20 декабря 2014 г. [Электронный ресурс] // Президент Российской Федерации: [сайт]. [2014] URL:

<http://static.kremlin.ru/media/events/files/41d527556bec8deb3530.pdf> (дата обращения: 23.04.2020)

⁷ Дискуссию подробно см. в: Кокошин А. Политико-военные и военно-стратегические проблемы национальной безопасности России и международной безопасности. М.: ВШЭ, 2013; Gormley D. Nuclear Disarmament and Russian Perceptions of U.S. Conventional Superiority // Security Challenges. - 2010. - Vol. 6. No.

⁸ Lewis J., Litai X. Making China's Nuclear War Plan // Bulletin of the Atomic Scientists. - 2012. - Vol. 68. No 5. - Pp. 45-65.

удаан хугацаанд оршин байхын илрэл юм. Үүнийг бататгах үүднээс цэргийн технологийн хөгжил, хандлагыг тоймлон авч үзвэл⁹:

- "технологийн дэвшил нь цөмийн бус зэвсгийг стратегийн шинж чанартай болгож, ердийн болон цөмийн зэвсгийн хоорондын зааг ялгааг бүдгэрүүлж байна;
- пуужин харвагчийг цөмийн зэвсгээр устгадаг байсан үе өнгөрч, түүнд зэвсгийн цохилт өгөх чадвартай, цөмийн бус тоног төхөөрөмж бүхий НӨЦЗ -ийн тоо, төрөл олширч байна;
- хиймэл дагуулаар, цөмийн зэвсгийн хөдөлгөөнт тээвэрлэгчдийг тодорхойлж, эсрэг хүчний цохилтын байг сонгох шаардлага НӨЦЗ-ийн системд шилжлээ;
- идэвхгүй болгодог хиймэл дагуулын эсрэг зэвсэг пуужингийн дохиоллын системийн хиймэл дагуулууд бий боллоо;
- дэлхий дээрх сансрын биет болон байг устгадаг сансрын зэвсэг бий болж байна;
- үй олноор хөнөөх зэвсэгтэй адил хөнөөл үзүүлэгч - мэдээллийн зэвсэг, кибер зэвсэг бий болж, тэдгээр нь улсын чухал дэд бүтцийг гэмтээж, харилцаа холбооны систем, зэвсэгт хүчний удирдлага, хяналтыг тасалдуулж, хиймэл дагуулыг идэвхгүй болгодог боллоо;
- ирээдүйд стратегийн хохирол учруулах чадварыг лазерын зэвсгийн арсенал, хиймэл оюун ухааны хүрээнд зохион бүтээгдсэн зэвсгийг эзэмшсэнээр тодорхойлогдох хандлага бий боллоо.

Энэ бүхэн бол зэвсэг, галт хэрэглэлийн стратегийн хангалтын цар хүрээ, ач холбогдлыг улам бүр нэмэгдүүлж, онолын боловсруулалтыг дээшлүүлэхийг шаардаж байна.

Монгол Улсын үндэсний аюулгүй байдлын үзэл баримтлалд “Шинжлэх ухааны шинжилгээ судалгаа, инновацыг стратегийн ач холбогдолтой салбаруудад төвлөрүүлж, эдийн засгийн бүтээмж, өрсөлдөх чадавхыг нэмэгдүүлнэ”¹⁰ гэсэн заалтыг удирдлага болгож, Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого “Алсын хараа 2050”-д: “Олон улсад өрсөлдөх чадвар бүхий үндэсний шинжлэх ухаан, технологи, инновацын тогтолцоог хөгжүүлэх зорилт”¹¹ тавьж, “Шинжлэх ухаан, технологийг улс орны тогтвортой хөгжлийн үндсэн хүчин зүйлсийн нэг болгон хөгжүүлж, үр ашигтай үндэсний инновацын тогтолцоог бүрдүүлэх”¹² үе шатны үйл

⁹ Караганов С., Суслов Д. Сдерживание в новую эпоху [Электронный ресурс] // Россия в глобальной политике: [сайт]. [2019]. URL: <https://globalaffairs.ru/number/Sderzhivanie-v-novuyu-epokhu-20174> (дата обращения: 13.09.2019).

¹⁰ Монгол Улсын Их Хурлын 2010 оны 48 дугаар тогтоолын хавсралт. Монгол Улсын үндэсний аюулгүй байдлын үзэл баримтлал. 3.2.1.7. заалт;

¹¹ Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолын нэгдүгээр хавсралт. “Алсын хараа - 2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого. Зорилт -2.4.;

¹² Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолын нэгдүгээр хавсралт. “Алсын хараа - 2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого. Зорилтыг хэрэгжүүлэх I үе шат;

ажиллагааг явуулж байна. Төрөөс шинжлэх ухаан, технологийн талаар баримтлах бодлого"-ын зорилго нь шинжлэх ухаан, технологийг Монгол Улсын тогтвортой хөгжлийг хангах, амьдралын чанар, үндэсний чадамж, өрсөлдөх чадварыг дээшлүүлэх үндсэн хүчин зүйл болгон хөгжүүлэхэд оршиж"¹³ байна.

Мөн “Батлан хамгаалахын хэрэгцээт бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэн нийлүүлж байгаа аж ахуйн нэгжид төрөөс дэмжлэг үзүүлнэ. Цэргийн зарим нэр төрлийн эд хэрэгслийг дотооддоо үйлдвэрлэх, засвар үйлчилгээ хийх, худалдан авах бодлого баримталж”¹⁴, “цэргийн шинжлэх ухаан, батлан хамгаалах аж үйлдвэрлэлийг хөгжүүлж, цэргийн зориулалттай зарим төрлийн бүтээгдэхүүнийг үйлдвэрлэнэ” гэсэн зорилтыг дэвшүүлэн ажиллаж байна.

Мэргэжлийн цэрэгт суурилсан Зэвсэгт хүчнийг хөгжүүлэхэд шинжлэх ухаанд суурилсан, батлан хамгаалах аж үйлдвэрлэл хөгжсөн Зэвсэгт хүчинтэй болох нь чухал асуудал юм.

Иймээс “Батлан хамгаалах эрх ашигт нийцсэн технологийн инкубатор, туршилтын үйлдвэр, технологи дамжуулах төв, эко систем, шинжлэх ухааны парк байгуулж, батлан хамгаалахын болон иргэний зарим бүтээгдэхүүнийг зохион бүтээж туршина”¹⁵ гэсэн зорилтуудыг хэрэгжүүлэх нь шийдвэрлэвэл зохих тулгамдсан асуудал болж байна. Пуужингийн хатуу түлш¹⁶ сүүлийн жилүүдэд төрөл бүрийн галт хэрэглэлд өргөн их хэрэглэгдэж байна. Тухайлбал, хэдхэн кг татах хүчтэй танк эсэргүүцэх залуурт пуужингаас¹⁷ эхлээд хэдэн зуу, мянган тонн татах хүчтэй тив хоорондын болон сансарын пуужинд хэрэглэж байна. Хатуу түлштэй пуужингийн хөдөлгүүр /ХТПХ/ шингэн түлштэй хөдөлгүүрээс хэд хэдэн давуу талтай байна. Үүнд:

- Хөөргөхөд байнга бэлэн байдаг, найдвартай ажиллагааны өндөр үзүүлэлттэй;
- Энгийн хялбар бүтэц, төхөөрөмжтэй;
- Ашиглахад хялбар, цөөн ажиллагсадтай;
- Гүйцэтгэн цэнэглэсэн байдлаар удаан хадгалах бололцоотой;
- Бусад хөдөлгүүрээс үйлдвэрлэхэд хямд;
- Гарааны хөдөлгүүрт ашиглах бололцоотой.

¹³ Монгол Улсын Засгийн газрын 2017 оны 295 дугаар тогтоолын хавсралт Төрөөс шинжлэх ухаан, технологийн талаар баримтлах бодлого. 2.1. заалт;

¹⁴ Монгол Улсын Их Хурлын 2015 оны 85 дугаар тогтоолын хавсралт. Монгол Улсын батлан хамгаалах бодлогын үндэс. 4.6. заалт;

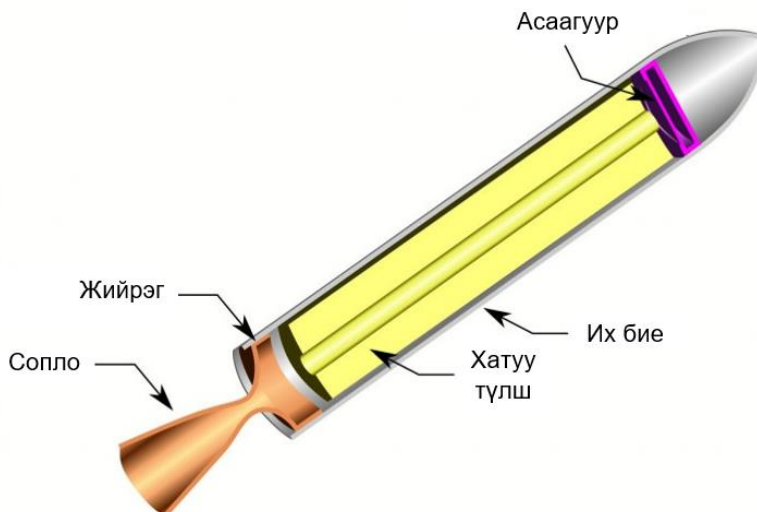
¹⁵ “Алсын хараа-2050” Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолын нэгдүгээр хавсралт. “Алсын хараа - 2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого. 7.1.14. заалт;

¹⁶ Волков. Е.Б. Твердотопливные ракеты. М., Машиностроение., 1992., 283 с;

¹⁷ Ветров В. В. и др. Основы устройства и функционирования противотанковых управляемых ракет / под ред. А. Г. Шипунова. — Тула : ТулГУ, 2006. — ISBN 5-7679-0867-0;

Дутагдалтай тал:

- Татах хүч болон даралтын хэмжээ цэнэгийн анхны температураас их хамааралтай;
- Татах хүчийг өөрчлөх, удирдахад хүнд байдаг;
- Хатуу түлш ердийн шингэн түлшнээс илүү үнэтэй.



1 дүгээр зураг. Хатуу түлштэй пуужин.

Орчин үед хольцот түлшийг нэлээд их хэрэглэж байна. Ийм түлшний давуу тал нь харьцангуй бага даралтанд ($30-40 \text{ кг/см}^2$) тогтвортой шатах чадвартай, шууд их биенд түлшийг цутгах бололцоотой байдаг.

Хатуу түлштэй пуужин ашиглахад хялбар, хөөргөхөд амархан байдаг давуу талтай боловч хатуу түлшийг бэлтгэх нь нэлээд хэцүү нарийн технологи шаардана¹⁸. Нэлээд том хэмжээтэй жигд бүтэцтэй түлш бэлтгэх шаардлагатай байдаг, тэдгээр нь түлшнийхээ ямар ч хэсэгт адилхан бүтэц, нягттай байх, удаан хугацаагаар хадгалахад задрах, цууралт үүсэхгүй, 30 нэгж хүртэлх хүчтэй ачаалал өгөх үед өөрийн хэлбэр дүрс, жигд бүтцээ хадгалдаг байх. Тийм учраас хатуу түлшинд тогтоосон тоо, хувь хэмжээг нарийн мөрдөгдөх шаардлага тавигдана. Тухайлбал, Оросын Искандер¹⁹ пуужингийн хөдөлгүүрийн түлшний исэлдүүлэгч нь маш нарийн жижиглэсэн аммоны перхлорат²⁰ NH_4ClO_4 хоёр төрлийн шатагч бодис хөнгөнцагаан, уян нүүрсустөрөгчөөс бүрдэнэ. Аммоны перхлоратын молекул нь хүчилтөрөгчийн 4 атом юм. Халах үед 4 атом чөлөөлөгдөж энэ хүчилтөрөгчид хөнгөн цагаан 3300°C хүртэл маш өндөр хэмтэй шатаж, шаталтын хийн бүтээгдэхүүнийг ялгаруулна. Мөн хоёрдогч шатагч бодис болох нүүрсустөрөгчтэй полибутадиен накрилонитрил, эсвэл бутадиен-нитрильный каучик /БНК/ хийн бүтээгдэхүүн ялгаруулна. Энэ нь хиймэл резин бөгөөд шатагч бодисоос гадна холбогч, барьцальдуулагч бодисын үүрэг гүйцэтгэж тэдгээрийг хооронд нь наалдуулна. Исэлдүүлэгч, 2 шатагч бодисоос гадна өөр олон нэмэлт бодис орно.

¹⁸ Я.М. Паушкин. Ракетные топлива / Б.И. Трифонов. — Ракетная и космическая техника. — Москва: Мир, 1975. — С. 8—12. — 188 с;

¹⁹ Тихонов. С.И. Неуловимый ракетный мститель. Томск, 2014. с14-25;

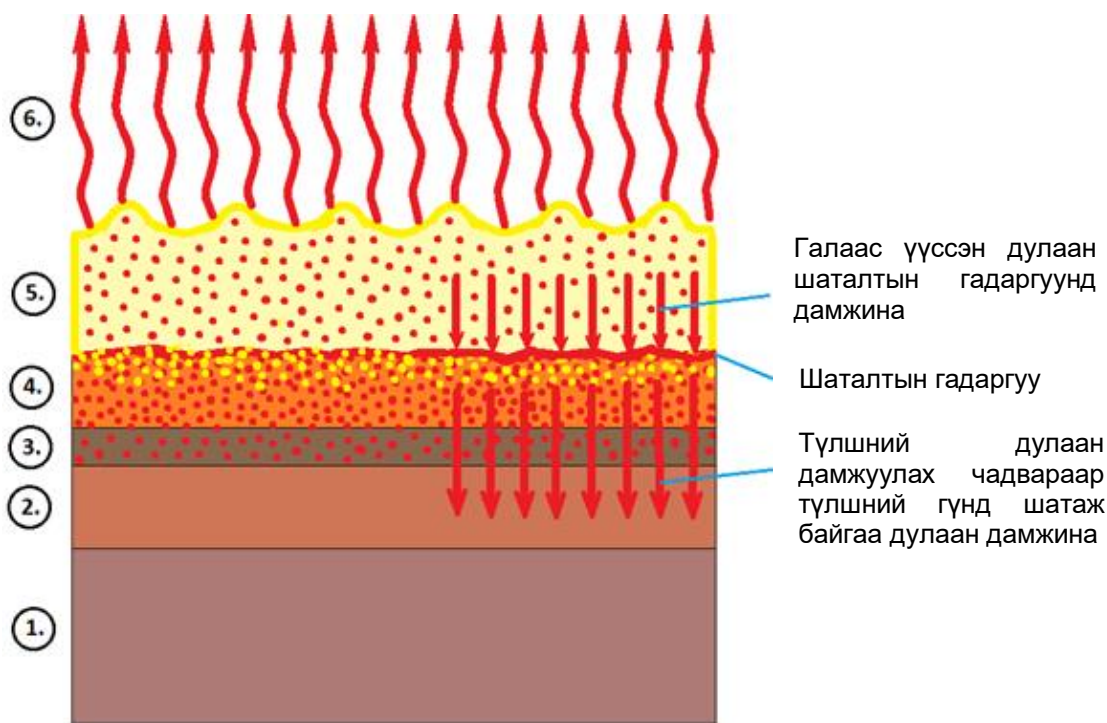
²⁰ Аммония перхлорат №ООН 1442 (UN 1442);

Хөдөлгүүрийг цэнэглэх үед шахуургын хэвийн ажиллагааг хангах үүрэгтэй зөөлрүүлэгч бодис, эпоксид цавуутай бэхжүүлэгч, шаталтыг идэвхжүүлэх, эсвэл удаашруулагч, исэлдэх үйл явцыг бууруулах, үрэлтийг мэдрэх чадварыг бууруулах бодис болон өөр олон хольц орно.

Бэлэн ашиглаж байгаа зарим түлшний бүтэц²¹:

- 69,6% аммоны перхлорат NH_4ClO_4 ;
- 12% полибутадиенакрилонитрил;
- 1,96% эпоксид бэхжүүлэгч;
- 0,4% хувь төмөр /шаталтыг сайжруулна/.

2009 онд АНУ-д усны мөс ба маш бага 80 нанометр хүртэл жижиглэсэн хөнгөн цагааны нунтаг дээр суурилсан пуужингийн хатуу түлштэй хөдөлгүүр туршсан нь амжилттай болж түүнийг НАСА хямд үнэтэй ирээдүйтэй түлш гэж үзэж байлаа. 1955 онд нээгдсэн хүчтэй тэсрэх бодис октогенийг орчин үед пуужингийн хатуу түлшинд хольж түүний хүчин чадлыг эрс нэмэгдүүлээд байна²².



2 зураг. Хатуу түлш шатах төлөв.

1. Анхны температуртай түлш;
2. Түлш халах бүс;
3. Химийн урвал явагдаж эхлэх бүс, нийлэг бүтэц задрана;
4. Хатуу бодисууд задарч, исэлдүүлэгч бодис исэлдэн, түлш асч, шаталт эхлэх бүс Температур эрс нэмэгдэнэ;
5. Гал үүсэх бүс. Хийн дотор хатуу үлдэгдлүүд шатаж температур улам ихэснэ;
6. Тийрэлтэт хөдөлгүүрийн ажлын шаталтын бүтээгдэхүүн ялгарах бүс.

²¹ (Патент США 3984265, МПК⁴ С 06 D 5/06, опубл. 05.10.76);

²² /www.wiki.ru-ru.nina.az/Твёрдое_ракетное_топливо.html;

Хатуу түлш зөв шатах ёстой. Түүний шаталт нэлээд төвөгтэй үзэгдэлд ордог. Гол нь тооцоолсон ёсоор шаталт нь явагдана. Хэт хурдан шатаж детонацид орохгүйгээр, хөдөлгүүрийн хэвийн ажиллагааг хангахаар шатна²³.

1 дүгээр хүснэгт

Хатуу түлштэй зарим пуужингийн үндсэн үзүүлэлт²⁴

№	Пуужины Нэр	Зориулалт	Хөдөлгүүрийн Төрөл	Түлш	Татах хүч, Р,т	Жин, Q,т	Холын тусгал,км	Калибр м	Урт М
1	Минитмен-В	Тив хоорондын баллистик пуужин (АНУ)	3 шатлалтай ХТПХ-тэй пуужин	Полибутадиен аммоны перхлорат	–	31,3	10200	2,1	16,9
2	Титан 3С	Стратегийн баллистик сум, (АНУ)	5 секцтэй ХТПХ	Нийлэг-каучик Акрилат аммоны перхлорат	~318 P _{max} =540	225	–	~3,0	23
3	Поларис А-1	Шумбагч онгоцны балластик пуужин (АНУ)	1 ба 2 дугаар шат нь ХТПХ	1 шат-хольцот 2 шат-нитро бэхжүүлэгчтэй Баллистит	1 шат – 45	12,7	2200	1,37	8,3
	2 шат – 9				14,5	2800	1,37	9,3	
	–				–	4600	1,37	9,3	
4	Першинг	(АНУ)	Мөн адил	–	–	6	До 600	–	10
5	Нпка-Зевс	Тив хоорондын баллистик сум эсэргүүцэх пуужин (АНУ)	3-р шат нь ХТПХ-тэй зенитийн Залуурт пуужин	–	~200 (гарааны хөдөлгүүр)	9,1	1600	~1,5	~20
6	Виккерс Виджимент	Танк эсэргүүцэх Пуужин	Татах хүчний 2 шатлалын 1 ХТПХ	–	–	0,012	1,6	0,114	0,9

²³ Похил П.Ф., Беляев А.Ф., Фролов Ю.В. и др. Горение порошкообразных металлов в активных средах. – М.: Наука, 1972. – 294 с;

²⁴ А.Хүү-Ухна. Зэвсэглэлийн түүх ,орчин үе, хэтийн төлөв. УБ., Битпресс. 2015 он. - х336, ISBN 978-99962-4-914-36;

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШНИЙ СУДАЛГАА

1.1. Хатуу түлшний онолын судалгааны тойм

Хатуу түлшний бүтэц, чанар нь хөдөлгүүрийн бүтэц байгууламж, ажлын үр дүнд зонхилох нөлөө үзүүлдэг бөгөөд пуужингийн хурд, холын тусгалыг тодорхойлно. Пуужингийн хурдыг 1903 онд К.Э.Циолковскийн гарган авсан томьёогоор тодорхойлно²⁵.

$$v_{max} = v_e \ln \left(1 + \frac{\omega}{q} \right);$$

Энд: v_{max} – нэг шатлалтай пуужингийн агаарын эсэргүүцэл, газрын татах хүчний хүчийг тооцохгүй үеийн эцсийн дээд хурд;

v_e – хөдөлгүүрээс гарах хийн ашигтай хурд;

ω – түлшний жин;

q – пуужингийн эд ангийн жин.

Тавигдах шаардлагын эхний бүлэгт түлшний энергийн болон термодинамик шинж чанарын үзүүлэлтүүд багтана. Үүнд:

- Түлш дулаан ялгаруулалтаар өндөр чадвартай байх, энэ нь өндөр үр ашигтай хийн хурд үүсгэж улмаар пуужингийн нисэх их хурдыг хангана;
- Түлшний хувийн жин их байх, хувийн жинг нэмэгдүүлсэнээр шатах камерын овор хэмжээ, жинг багасгах боломж бий болж пуужингийн бүх хэмжээг багасгаж жингийн харьцаа, пуужингийн хурдыг нэмэгдүүлнэ;
- Шаталтын хийн бүтээгдэхүүний молекул жин бага байх, энэ жинг багасгаж, хийн тогтмол $\left(R = \frac{R_0}{\mu} \right)$ -ыг өсгөснөөр гарах хийн хурд нэмэгдэнэ;
- Шаталтын камер доторх бага даралттай нөхцөлд тогтвортой, зүй тогтлын дагуу шатах чадвартай байх шаардлагатай.

2 дугаар бүлгийн шаардлага нь ашиглалт, түлш бэлтгэх үйл явцыг хамаарна. Үүнд:

- Хатуу түлшний механик ба дулааныг мэдрэх чадвар аюулгүй байдлыг хангана;
- Хатуу түлшний физик, химийн шинж чанар түүний удаан хадгалах чадварыг хангахаар зохих түвшинд байх ;
- Хатуу түлшээр хийсэн цэнэг хими, физик, баллистик чанараараа нэгэн жигд, ижил төрлийн бүтэцтэй байх;
- Цэнэг маш бат бөх чанартай байх;
- Түлшний шаталтын бүтээгдэхүүн хоргүй, утаагүй байх;
- Хямд үнэтэй, олдоц сайн материалаар хийж, хялбар хийцтэй, аюулгүй, эдийн засгийн үр ашигтай технологээр үйлдвэрлэх зэрэг болно.

²⁵ К.Э.Циолковский. Вне Земли. Переиздано., М., Северо-запад 2013., ISBN 978-5-4224-0751-4;

Бүтэц, зохион байгууламжаар нь 2 том ангилалд хуваана²⁶. Үүнд:

- Баллистит буюу гомоген түлш /2 суурьтай гэж бас нэрлэдэг/;
- Хольцот буюу гетероген.

Баллистит хатуу түлшний үндсэн түүхий эд нь их хэмжээний хүчилтөрөгч ялгаруулдаг уусгагчидаар идэвхжүүлсэн нитрат целлюлоз юм. Хольцот хатуу түлш гэж органик шатагч бодис, органик бус исэлдүүлэгчтэй хольцыг хэлнэ. Органик бодист гол төлөв каучик, асфальт, битум, органик давирхай мэтийн резин ба давирхайн төрлийн бодисууд орно. Эдгээр уян зуурамтгай бодис нь жигд бүтэцтэй, зохих механик чанартай түлш гарган авахад шатагчаас гадна холбогч, барьцалдуулагч бодисын үүрэг гүйцэтгэнэ. Хүчилтөрөгчөөр баялаг азот болон хлорын хүчлийн органик бус давс, тухайлбал, кали ба аммоны перхлорат, нитратуудыг хольцот түлшний шатагч бодис болгон ашиглана.

1.2. Хатуу түлшний төрөл, үйлдвэрлэх технологийн судалгаа

Баллистит хатуу түлш гэж нийлэгжүүлж нягтруулсан нитрат целлюлоз юм. Азот ба хүхрийн хүчлийн холимогоор хөвөн, модлог зэрэг целлюлозыг нитратжуулж гарган авна. Үйлдвэрлэх ажиллагааны нөхцөлөөс хамааран дээд ба доод зэрэглэлийн бүтээгдэхүүн гарна. 12,0-13,5% азотын агуулгатай нитрат целлюлозыг пироксилин, 11,5-12,0% агуулгатайг коллоксилин гэнэ. Зохих хүчин чадал, шинж чанартай түлш гарган авахад уусгагч бодис чухал үүрэгтэй, үндсэн уусгагч нь нитроглицерин юм. Нитроглицерин нь түлшний бүрэлдэхүүнд байгаа шатагч бодисуудыг исэлдүүлэхэд хангалттай хүрэлцэх их хэмжээний хүчилтөрөгчийг агуулдаг. Нитроглицерин шатах үйл явцыг хангадаг гол бодис тул түүний хэмжээ түлшний илчлэгийг тодорхойлно. Их хэмжээний нитроглицеринтэй баллистит хатуу түлш энергийн өндөр үзүүлэлттэй байдаг, тухайлбал, 43%-ийн нитроглицеринтэй Америкийн түлшний хувийн импульс 215-230 кг сек/кг хүрдэг.

Нитроглицеринээс гадна зуурмаг болгох илүү чадвартай нитродигликолийг хэрэглэдэг боловч тийм түлшний энергийн үзүүлэлт өндөр биш байдаг. Энергийн үзүүлэлтийг зохицуулах үүднээс динитротолуол, нитрогуанидин²⁷ зэрэг уусгагчийг хэрэглэнэ. Түлшний химийн тогтвортой байдлыг хангах зорилгоор хадгалалтын явцад задрахаас хамгаалах нэмэлт тогтворжуулагч бодисыг холино, үүнд гол төлөв дифениламин, централит /диэтилдифенилмочевин/-ыг хэрэглэнэ²⁸. Мөн янз бүрийн технологийн зориулалттай нэмэлт бодисыг холино, тухайлбал, шохой – дотоод үрэлтийг багасгана, вазелин, трансформаторын тос - үйлдвэрлэх үед шахах даралтыг бууруулж хэвлэх ажиллагааг сайжруулна, дибутилфталат - шатах хэмийг бууруулах, флегматизатор-камфор шатах хурдыг багасгах, канифоль - чийгээс хамгаалах, органик бус исэлдүүлэгч - хүчилтөрөгчийн тэнцвэрийг хангах зэрэг хольцыг нэмнэ. 1.1 дүгээр хүснэгтэд зарим бүтцийг тусгалаа.

²⁶ А.Хүү-Ухна. Дарь, тэсрэх бодисын шинж чанар, үйлдвэрлэл, хэрэглээ.УБ., 2011.,х196. ISBN 978-9962-50-23-1;

²⁷ Б.Чадраабал. Дарины үйлдвэрлэл. УБ.Соёмбо принтинг, 2014., х205. ISBN 978-99962-2-704-2;

²⁸ Kondrikov B.N., Annikov V.E., De Luca L.T. Combustion of Ammonium Nitrate Compositions // Proc. of the 29th Intern. Annual Conf. of ICT. – Karlsruhe, FRG, 1998;

1.1 дүгээр хүснэгт

Баллистит хатуу түлшний бүтэц, үзүүлэлт, %

Бүтэц, Үзүүлэлт	JPN,	JP,	SD,	HES- 4016,	Кор- дит SC	Кор- дит Г	Кор- дит МК-1	М. Д	АТО	Дигликол дарь	Basar R-61	Нитро- гуандин дарь	Удаан шатдаг НГ
Нитрат эслэг	51,5	52,2	66	54	50	67	37 (13%N)	65,68 (13%N)	64,7 (12%N)	65 (11,3- 11,7%N)	64,5 (12,2%N)	40 (11,8- 11,9%N)	56,5 (12,2%N)
Нитро- глицерин	43	43	25	43	41	22	58	25,53	–	–	–	–	28,0
Динитро- этилен- Гликоль	–	–	–	–	–	–	–	–	29,3	24-28	34	18	–
Динитро- толуол	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,0
Нитро- гуанидин	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,2	30,0	–
Диэтил- фталат	3,25	3,5	–	–	–	–	5	–	–	–	–	–	–
Этил- фенил- уретин	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,4	–	–
Этилцен- тралит	1,0	1,25	8,0	3,0	9,0	5,0	–	–	5,0	3-5	–	1,2-4	4,5
Акардит	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	1-5	0,3	1,6-3	–
Калийн сульфат	1,25	–	–	–	–	2,0	–	–	–	1,0	–	1,0	–
Вазелин	–	–	–	–	–	3,0	–	–	–	1,0	–	–	–
Графит	0,2	–	–	–	–	–	–	–	0,1	1,0	–	0,4	–
Ислүүд	–	–	–	–	–	–	–	–	0,9	0,5MgO	0,25	0,3	–
Чийг	–	–	–	–	–	1,0	–	–	–	–	0,9	–	–

Бусад	0,8	0,1	1	0,1	0,07	–	–	4,45	1,0	0,3	0,35	0,3	0,08
Нягт, кг/дм ³	1,62	1,6	1,59	1,58	1,6	1,58	1,59	1,6	1,56	1,57	1,59	1,6	–
Илчлэг Q Ккал/кг	1230	1230	–	1260	965	880	970	980	–	–	890	–	860
Шатах хэм, T ⁰	2900	3160	2170	3090	2535	2340	–	–	–	–	2390	–	2060
Хувийн импульс, I кг сек/кг	220	220	–	–	190	–	190	195	–	–	–	–	–
Шатах хурд, мм/сек, (ρ=70кг/см ² T=20 ⁰ C)	16,5	17	–	14,3	7,8	11,9	9	10,0	–	–	–	–	–
Зэрэг илтгэгч	0,69	0,71	–	0,75	0,69	0,73	–	–	–	–	–	–	–
Хэмийг мэдрэх итгэлцүүр D	0,003 8	0,005	–	0,041	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Баллистит хатуу түлш /БХТ/-ийг хэрэглэх арга болон энергийн агуулгаар 2 бүлэг болгон хуваадаг. Эхний бүлэгт зэрэг галладаг тийрэлтэт сум - ЗГТС, танк эсэргүүцэх залуурт сум - ТЭЗС, идэвхитэй тийрэлтэт сум - ИТС, зенитийн удирдлагатай тийрэлтэт сум -ЗУТС зэрэг тийрэлтэт сумнуудын гарааны болон аяны хөдөлгүүрт хэрэглэдэг БХТ орно. Энергийн агуулгаар дунд ба их энергитэй гэж хуваана. Түлшний бичиглэлээс зохих бүтцийг харж болно. БХТ гэмтэл үүсгэж болох янз бүрийн хүчтэй ачаалал, үйлчлэлд өртдөг тул маш сайн бат бөх байх ёстой. ЗГТС, ТЭЗС, СБП зэрэг пуужин, далавчит тийрэлтэт сумнууд даралтын огцом өөрчлөлт, инерцийн хүчний үйлчлэлд, эргэдэг тийрэлтэт сум-төвөөс зугтах хүч ба шүргэлтийн хурдатгалд өртөнө. Ашиглалтын нөхцлөөс хамааран эдгээр ачааллын хэмжээ харилцан адилгүй байдаг, тухайлбал, даралтын бүтэн уналт 1,0-6,0 МПа, хамгийн их хурдатгал 50-1000 м/с², шахах ачаалал 3,0-20,0 МПа хүрнэ. Тийрэлтэт сумны цэнэг маш их өндөр ачаалал дор ажилладаг. Жишээлбэл, 140 мм-ийн тийрэлтэт сумны хатуу түлштэй цэнэг минутад 20000 удаа эргэх хамгийн их ачааллын үед 110000 Н ачаалал авна. Тийрэлтэт сумны цэнэгэнд дундаас дээш энергийн агуулгатай БХТ хэрэглэнэ. Энергийн

агуулгыг шаталтын хувийн дулаан $\Delta_{y(ж)}$, температур T_e , хийн бүтээгдэхүүний хувийн Y_{y0} эзлэхүүнээр тодорхойлно. Эдгээр хэмжигдэхүүнүүдийн утга дараах хүрээнд хэлбэлзэнэ, тухайлбал, РИ-К загварын БХТ-ний хувийн дулаан 3400 кДж/кг, НДСИ-К загварын хоёрдугаар үеийн түлшнийх 4825 кДж/кг харин $T_e = 2200-3500\text{K}$, $Y_{y0} = 0,840 - 1,000 \text{ м}^3/\text{кг}$.

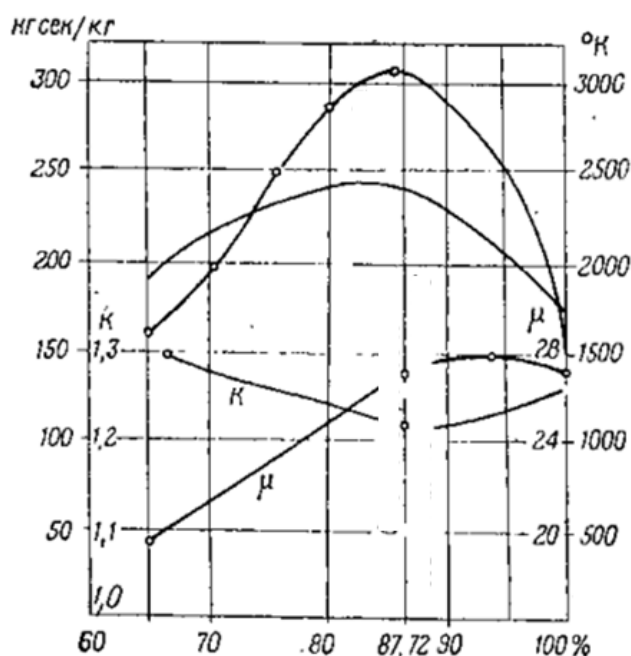
Энергийн үндсэн үзүүлэлт шаталтын хувийн дулаанаас гадна татах хувийн импульс, шаталтын хурд, түүний даралт, температурын хамаарал зэрэг баллистик үзүүлэлтүүдээр БХТ-ийн хүчин чадлыг үнэлдэг. ЗУП, ТЭЗС суманд 9-5 г/с хийн бага зарцуулалттай, 15-20 с хугацаатай ажилладаг бага оврын хөдөлгүүрийг хэрэглэдэг. Тийм хөдөлгүүрийн түлш нь шатсаны дараа шаталтын бүтээгдэхүүнд янз бүрийн хатуу биет, нүүрс, хөө мэт үлдээх ёсгүй цэвэр байх шаардлагатай байдаг тул хатуу түлшний бүтцэд металл оруулахыг хориглодог. Хатуу биет үлдээдэггүй түлшэнд РНДС, НДП загварын түлшнүүд ордог. БХТ-ний бичиглэлд их бууны сумны бичиглэлтэй адил түлшний эх үүсвэр, хольцны нэр төрөл, ямар түлшэнд хамаарах тухай заасан байдаг. Эдгээр үзүүлэлтүүдийг үсгээр тэмдэглэнэ. Жишээлбэл, Н-нитроглицерин, НМФ-2, НМФ-2Д, НМФ-3К түлшний М-магнийн исэл, Ф-дибутилфталат, РСИ-12К, РНДСИ-5К загварын түлшэнд Р-/ракет/ пуужингийн, Д- динитратдиэтиленгликоль, С- шаталтыг дэмжигч хар тугалганы исэл/ свинец/, И- шаталтыг тогтворжуулагч бодис шохой / известняк/ гэсэн утгыг заана. Нэлээд их хэрэглэгддэг БХТ болох РСАМ, РАМ-КЖ түлш өндөр энергитэй түлш юм, түүний бүтцэд 6-10% хөнгөнцагаан магнийн нунтаг хольж энергийн хэмжээг өндөр болгодог. Үүнийг бичиглэлд АМ гэж тэмдэглэнэ. РНДСТ түлшэнд Т-титаны исэл, ФСГ-түлшэнд Г –графит болно. Үсэгний ард байгаа тоо нэрлэмжийн дугаарыг заана, ард нь байгаа К үсэг /корректировка/ өөрчлөлт оруулсан гэсэн санааг агуулна. НМФ-2Д баллистит хатуу түлшний Д үсэг химийн тогтвортой байдлыг сайжруулах үүрэгтэй дифениламин, НМФ-2ДЖ түлшний Ж- /железоаммониевый фосфат/- аммоны төмөртэй фосфат юм. БХТ-ний бичиглэлд бүтцийн үзүүлэлтүүдээс гадна түлшний хэмжээ, цэнэгийн гадна диаметр, сувгийн диаметр, уртыг миллиметрээр илэрхийлсэн тоон индекс байна, жишээлбэл, РСИ-12К-45/8-450 гм. Том хэмжээний цэнэгийн хэмжээг бичихгүй байх тохиолдол бий, түүний оронд пуужингийн төрлийг заадаг, тухайлбал, 4ЛЗ бичиглэл нь 3-Р-9 пуужингийн цэнэг болохыг заана. Пуужингийн цэнэгийн бүлгийн дугаар, үйлдвэрлэсэн он, заводын дугаарыг хэвтээ шугамын дор бичнэ. Жишээлбэл, НМФ-3К-4Л түлшний бичиглэлийн дор 5-87-Д гэж бичнэ.

Баллистит түлшний үйлдвэрлэл нитро эслэг, нитроглицерин болон бусад хольцыг уусгах, холихоос эхэлж үүний дараа зуурмаг бодис үүсгэнэ. Зохих хэлбэр дүрстэй болгохын тулд хэвэнд хийж цэнэг болгон шахна. Мөн цутгах аргаар цэнэг гарган авч болно. Минитмен пуужингийн 3 дугаар шатны хөдөлгүүрийг цутгах аргаар үйлдвэрлэсэн²⁹ гэдэг.

²⁹ . De Luca L.T., Galfetti L., Severini F. et al. Ballistic Properties of Solid Rocket Propellants Based on DualOxidizer (Ammonium Perchlorate and Ammonium Nitrate) Mixtures // Progress in Combustion and Detonation. – Moscow: TORUS PRESS Ltd, 2004. – P. 151–152;

Хөдөлгүүрийн шатах камерын дотор ханыг наалддаг бүрхүүлээр бүрээд зөв цилиндр дүрстэй /0,6x0,6 мм хэмжээтэй/ нитрат целлюлозын хуурай үрлийг хийж эргүүлдэг төхөөрөмжөөр тэдгээрийг хананд жигд байрлуулна. Чийгийг хатах хүртэл 24 цагийн турш хөдөлгүүрийг битүүмжилнэ. Дараа нь тусгай хоолойгоор нитроглицеринийг бусад бодисын хамт өгч түлшийг хөөлгөнө. Үүний дараа шахсан агаарын даралтаар 48° С хэмд 16 өдрийн турш боловсруулна. 5 хоног цэнэгийг хөргөж үйлдвэрлэх ажиллагаа дуусна.

Хольцот түлшний исэлдүүлэгч, шатагч бодисын тоо хэмжээг өөрчлөн янз бүрийн хүчин чадалтай, үзүүлэлттэй түлш гарган авахдаа харьцааг маш нарийн мөрдөх бөгөөд гол төлөв исэлдүүлэгч нь 80-85 байна. 1.4 дүгээр хүснэгтэд тусгасан. 1.1 дүгээр зурагт хольцот даринь шаталтын бүдүүвчийг харуулав.



1.1 дүгээр зураг. Исэлдүүлэгчийн хэмжээ-энергийн үзүүлэлтийн хамаарал.

Түлшин дэхь исэлдүүлэгчийн хэмжээг байвал зохих хүрээнд нэмэгдүүлэхэд шатах хэм огцом их өсөж хувийн импульс аажим удаан нэмэгдэж байна. Аммоны перхлорат исэлдүүлэгч, органик шатагч бодис 88:12 харьцаатай үед хувийн импульс дээд хэмжээндээ хүрч байна. Гэвч энэ харьцаа 80:20 үед түлшин дэхь барьцалдуулагч бодисын хэмжээ их бага учраас зохих шаардлага хангасан түлш гарган авах боломжгүй болох нь харагдаж байна. Энэ тохиолдолд хувийн жин ихтэй исэлдүүлэгч хэрэглэж үзүүлэлтийг сайжруулж болно, энд жингийн нэгжээс эзлэхүүний нэгж нөлөөтэй болохыг харж болно. Сүүлийн жилүүдэд хувийн импульсыг нэмэгдүүлэх зорилгоор хөнгөн цагаан, магни, циркони, бериллий, бор, натри зэрэг хөнгөн металлыг холих болсон байна. Түлшинд нунтаг металлыг нэмэлт болгон хэрэглэх нь хатуу түлш үйлдвэрлэх болон пуужинг хөөргөх үед өөрөө асах аюулыг нэмэгдүүлдэг. Хөнгөн цагааны нунтагийн идэвхжилтийг бууруулахын тулд түүнийг бүрэх аргыг хэрэглэж байна.

1.2 дугаар хүснэгт

Зарим хольцот түлшний бүтэц, балистик үзүүлэлт

Нэр төрөл	Бүтэц	Хувь %	Хувийн жин г/см ³	Хувийн импульс кг сек/кг	Шатах хэм °С	Шатах хурд, мм/сек	Зэргийн үзүүлэлт	Хэм мэдрэх Итгэлцүүр	Тайлбар
Гальсит Alt-161	КСЮ ₄	76	1,8	190	1800-2000	36÷38	0,70	0,0014	Доод даралт 70кг/см ²
	Асфальт	17							
	Нефть	7							
	Тосон түрхлэг	7	1,77	180-190	2000	20	0,71	–	Доод даралт 50кг/см ²
	КСЮ ₄	73							
Полимер аэроплекс	27								
EJA	КСЮ ₄	56	1,84	178	2000	17,5	0,74	–	Доод даралт 28кг/см ²
	12,6% азоттой нитрат	21							
	Нитро-глицерин	13							
	Техникийн нүүрс Төрөгч	9							
	Этил-централит	1	2,8	–	2000	45	0,45	–	–
	КСЮ ₄	55							
	12,6% азоттой нитрат	21							
	Нитро-глицерин	13							
	Магни	0,5							
	Магнийн исэл	0,5							
Техникийн нүүрс төрөгч	9	1,68-1,8	160-170	2000-2500	31-32	0,45	–		
	Этил-Ценралит								1
EJA218B төрлийн NDRS түлш	Аммоны пикрат	45	1,68-1,8	160-170	2000-2500	31-32	0,45	–	
	Натрийн нитрат	45							
	Термо-давирхай	10							

EJA480 төрлийн NDRS түлш	Аммоны Пикрат	46,6	1,8	180		6-25		-	
	Натрийн Нитрат	46,6							
	Бурамин Резин	5,2							
	Пластик	1,6							
	Аммоны пикрат	54,6	1,77	200	1750	-	-	-	
	Калийн нитрат	36,4							
	Кальцийн стеарит	3,6							
	Этил- Целлюлоз	5,4							
Аммоны нитраттай түлш	Аммоны нитрат	83,0	-	-	1400	1,3	0,5	-	-
	Хиймэл каучик	10,0							
	Техникийн нүүрстөрөгч	2,0							
	Нийлэгжүүлэгч	2,0							
	Бэхжүүлэгч	0,4							
	Хуучралт хамгаалагч	0,3							
	Шаталт идэвхүүлэгч	2,3							
	Аммоны нитрат	80	-	200	-	1,4	0,5	0,0025	1-7кг/см ²
	Аэроплекс	20							
	Аммоны нитрат полиуретан	-	1,55	210	-	3	0,5	-	-
GCRC	Аммоны перхлорат	65	1,62	210	2000- 2500	7,6-22,8	0,5-0,6	0,0012-0,0024	
	Аэроплекс	35							
А төрөл	Аммоны перхлорат	50	1,7	200	2400	13,0	0,4		1-14кг/см ²
	Тринитро-Толуол	25							
	Шингэн нүүрстөрөгч	12,5							
	Асфальт	12,5							

Арсит	Аммоны перхлорат Нитроглицерин Нитроцеллюлоз Полиуретан Хөнгөнцагаан Магнийн исэл Нитродифениламин	–	1,75	238	–	5,6	–	0,0012-0,0024	
	Аммоны перхлорат Полихлорвинил Нийлэгжүүлэгч Хөнгөнцагаан	–	1,7	200	3100	2,5-25,4		0,0012-0,0024	

1.2 дугаар хүснэгтэд хольцот ба балистит түлшний харьцуулсан шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг тусгалаа.

1.3 дугаар хүснэгт

Хольцот ба баллистит түлшний харьцуулсан үзүүлэлт

Түлш	Хувийн жин δ г/см ³	v^*	u_1^* $\rho_k=70\text{кг/см}^2$	Хувийн импульс, I_1 кг сек/кг
Хольцот (аммоны перхлорат +хөнгөн цагаантай поли-бутадиен)	1,74	0,236	0,467	250
Баллистит (нитроцеллюлоз+нитро-глицерин, цутгасан цэнэг)	1,58	0,61 (даралт $\rho_k=56\div 116\text{кг/см}^2$)	0,45	219
Хольцот (аммоны перхлорат+полиуретан)	1,72	–	0,227	238
Баллистит (нитро-целлюлоз+нитроглицерин, шахмал цэнэг)	1,55	–	0,46	216 (при $\rho_k=91\text{кг/см}^2$)

v^* u_1^* -хатуу түлшний шатах хурд даралтын хамаарлыг илэрхийлдэг тогтмол хэмжигдэхүүн юм.

Судалгааны дүнд бериллийн хольцтой аммоны перхлорат суурьтай хатуу түлшний хувийн импульс ойролцоогоор 260-265 кг сек/кг болох нь харагдсан. Хөнгөн цагааны гидридийг хольж хувийн импульсийг 270-275 кг сек/кг, бериллийн гидридийг нэмж 290-295 кг сек/кг болгох судалгаа туршилт амжилттай болжээ. Мөн 340 кг сек/кг хувийн импульстай түлш бүтээсэн. Өндөр илчлэгтэй хослуулсан түлшийг хэрэглэх боллоо. Үүнд исэлдүүлэгч шатагч бодисууд тус тусдаа байрлана.

1.3. Хатуу түлшний энергийн үзүүлэлтүүд

Хатуу түлш шатах үед ялгардаг дулааны энерги буюу илчлэг чанар түүний энергийн үндсэн үзүүлэлт болно. Гол төлөв түүний дулааны хэмжээ буюу илчлэгийг ($Q_{ж}$) тусгай калориметрийн төхөөрөмжинд хатуу түлшийг шатааж дараа нь шаталтын бүтээгдэхүүнийг 18⁰C (291⁰K) хэм хүртэл хөргөж (энэ үед усны уур бүрэн гарсан байх ёстой) туршилт хийж тодорхойлно. Баллистит хатуу түлшний илчлэг $Q_{ж}$ -ийг түлшний шаталтын бүтээгдэхүүнийг абсолют тэг хэм хүртэл хөргөсөн түлшний бүрэн илчлэг Q-тэй тоогоор тэнцүү гэж үзээд дараах томъёогоор тодорхойлно³⁰.

³⁰ Шапиро.Я.М, Мизинг Г.Ю. Теория ракетного двигателя на твердом топливе. М.,Воениздат, 1966, с 256;

$$Q = \int_0^{T_0} c dT;$$

Энд: T_0 – туршилтын үеийн түлшний шатах температур;

c – шаталтын 1кг бүтээгдэхүүний дулаан багтаамж.

Хэрэв түлшийг тогтмол эзлэхүүнд шатаавал шатах хамгийн их температур T_{0V} хүрнэ, эндээс Q дараах хэлбэрт шилжинэ.

$$Q = \int_0^{T_{0V}} c_V dT; \quad (1.1)$$

c_V – тогтмол эзлэхүүн дэхь шаталтын бүтээгдэхүүний дулаан багтаамж.

Туршилтын нөхцөлөөр усны уур калориметрийн бөмбөг дотор бүрэн ууршсан гэж үзээд дараах томъёогоор $Q_{ж}$ илчлэгийг тодорхойлно:

$$Q_{ж} = \int_{291}^{T_{0V}} c_V dT + \Delta Q_{кон} = \int_0^{T_{0V}} c_V dT - \int_0^{291} c_V dT + \Delta Q_{кон}; \quad (1.2)$$

Энд: $\Delta Q_{кон}$ – шаталтын 1 кг бүтээгдэхүүний усны уурших дулаан.

(1.1) (1.2) тэгшитгэлийг хамт бодож Q олно:

$$Q = Q_{ж} + \int_0^{291} c_V dT - \Delta Q_{кон}; \quad (1.3)$$

(1.3) илэрхийллийг ашиглан хатуу түлшний бүрэн илчлэг $Q_{ж}$ тодорхойлно. Тооцоог жишээн дээр үзье, шаталтын 1 кг бүтээгдэхүүнд 7,8 моль ус агуулна, нэг моль усны уурших дулаан 10,6 ккал/моль. Тиймээс $\Delta Q_{кон}=7,8 \cdot 10,6=82,5$ ккал/кг, мөн шаталтын бүтээгдэхүүний дотоод энерги $T=291^{\circ}\text{K}$ үед 86,6 ккал/кг учраас Q ба $Q_{ж}$ ялгавар нь 4,1 ккал/кг, буюу түлшний илчлэгийн 0,6% болж байна. Q ба $Q_{ж}$ ялгавар нь харьцангуй бага байдаг тул хатуу түлшний илчлэгийг $Q_{ж}$ хэмжигдэхүүнээр илэрхийлдэг.

Пуужингийн хөдөлгүүрийн камерт хатуу түлш шатах үед түлшний шатах дундаж хэм тогтмол даралтад шатах хэмтэй ойролцоо байна. Энэ температур T_{0p} -ийг дараах илэрхийлэлээр тодорхойлно.

$$H_0 = \int_0^{T_{0p}} c_p dT = \tilde{c}_p T_{0p}; \quad (1.4)$$

Энд: H_0 – шаталтын бүтээгдэхүүний анхны дулааны хэмжээ;

\tilde{c}_p – тогтмол даралтад 0 хэмээс T_{0p} температурын хооронд байх энэ бүтээгдэхүүний дундаж дулаан багтаамж.

Тогтмол эзлэхүүнд хатуу түлш шатах үед, тухайлбал, калориметрийн бөмбөгөнд, шатаж байгаа түлшний хийн шахалтаар хийн температур өснө. Түүнийг T_{0V} гэж тэмдэглээд дараах илэрхийлэлээс олно.

$$U_0 = \int_0^{T_{0V}} c_V dT = \tilde{c}_V T_{0V}; \quad (1.5)$$

Энд: U_0 – түлшний шаталтын бүтээгдэхүүний анхны дотоод энерги;

\widetilde{c}_V – тогтмол эзлэхүүнд 0 хэмээс T_{0V} хэмийн хооронд байх энэ бүтээгдэхүүний дундаж дулаан багтаамж.

T_{0p} T_{0V} температурын ялгавар нь тогтмол даралтад өөрөөр хэлбэл пуужингийн камерт, түлш шатах нөхцөлд хийн тэлэлтэд зарцуулах энергийн хэмжээ юм. Тодорхой хэмжээтэй түлш шатах үед шаталт тогтмол даралт, эзлэхүүнд явагдаж байгаагаас үл хамааран ижил хэмжээний энерги гарна. Тиймээс $H_0 = U_0$

$$\tilde{c}_V T_{0V} = \tilde{c}_P T_{0p};$$

эсвэл

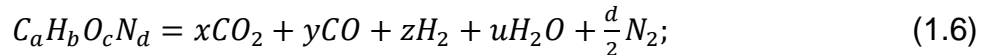
$$\frac{T_{0V}}{T_{0p}} = \frac{\widetilde{c}_V}{\widetilde{c}_P} = \tilde{k};$$

Энд $\tilde{k} - 0^\circ\text{K}$ хэмээс шатах хэм хүртэлх температурын интервал дахь адиабатын үзүүлэлтийн дундаж утга.

1.4. Энергийн болон дотоод баллистикийн үзүүлэлтийн тооцоо хийх арга

Пуужингийн хөдөлгүүрийн камерт түлшин дэхь хүчилтөрөгчийн үйлчлэлээр хатуу түлш шатна. Баллистит хатуу түлш шатах үед нитрат целлюлоз, олон атомт спирт, нитроглицерин, динитроглицоль зэрэг бодисуудын дотоод молекулууд исэлдэж шатна. Дотоод молекул нь исэлдэх чадваргүй бусад бодис нитрат целлюлоз, нитроглицериний хүчилтөрөгчөөр исэлдэнэ.

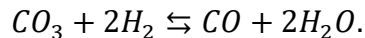
Хоёр суурьтай баллистит түлшний энергийн үзүүлэлтийг дараах аргаар тооцно³¹. Хоёр суурьтай хатуу түлшний шаталт дараах урвалаар явагдана.



Энд: $a, b, c, d - 1$ кг түлшинд байгаа бодисуудын грамм-атом тоо;

$x, y, z, u, \frac{d}{2}$ – шаталтын бүтээгдэхүүний хийн грамм-молекул тоо.

Пуужингийн камерт 2 суурьтай түлш шатах үед хий ялгарах үйл явц түлшний шаталтын температурт маш бага нөлөөлдөг. Энэ нөхцөлд CO_2, H_2, CO, H_2O зэргээс бүрдсэн хийн хольцын урвалын тэнцвэртэй байдал түлшний бүтэц, усны хийн урвалын тогтмол K хэмжигдэхүүнээр хангагдана.



Температур нэмэгдэхэд усны хийн урвал баруун тийш шилжинэ. Шаталтын бүтээгдэхүүний тэнцвэртэй байдал даралтаас хамаарахгүй. Тийм учраас энэ урвалын тэнцвэрт байдлын итгэлцүүр зөвхөн температураас хамаарна. Энэ хамаарлыг 1.6 дугаар хүснэгтэд тусгав.

³¹ . Соркин Р. Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных системах на твердом топливе. — М.: Наука, 1983;

1.4 дүгээр хүснэгт

$T^{\circ}K$	300	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
K_{ω}	0	0,04	0,24	0,71	1,40	2,19	3,06	3,80	4,55	5,21	5,78	6,22	6,59	6,92

Энд $K_{\omega} = \frac{[H_2O][CO]}{[H_2][CO_2]}$, бодис тус бүрийн концентрац болно.

Хэрэв хийн температур мэдэгдэж байгаа бол жингийн тэнцвэрийн урвалаар хамт тооцож тэдгээрийн бүтцийг тодорхойлно.

$$\begin{aligned} a &= x + y; \\ c &= 2x + u + u; \\ b &= 2z + 2u; \end{aligned}$$

Усны хийн урвалын тэнцвэрт байдлын тэгшитгэл дараах хэлбэртэй болно.

$$K_{\omega} = \frac{yu}{xz};$$

Шаталтын бүтээгдэхүүнд ялгарах нүүрсхүчлийн хийн молекулын тоонд харьцуулан квадрат тэгшитгэлийг бодож системийн шийдийг олно.

$$x = \frac{1}{2(K_{\omega} - 1)} \left\{ -(K_{\omega}M + R + a) + \sqrt{(K_{\omega}M + R + a)^2 - 4(K_{\omega} - 1)aR} \right\};$$

$$\begin{aligned} y &= a - x; \\ u &= c - a - x; \\ z &= \frac{b}{2} - c + a; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Энд } M &= \frac{b}{2} - c + a; \\ R &= c - a; \end{aligned}$$

Хэрэв хийн бүтэц, тэдгээрийн температур мэдэгдэж байгаа бол хийн дулааны хэмжээний хүснэгтээс түлшний шаталтын 1 кг бүтээгдэхүүний дулааны хэмжээг тодорхойлж болно.

$$H = xH_{CO_2} + yH_{CO} + zH_{H_2} + uH_{H_2O} + \frac{d}{2}H_{N_2}; \quad (1.9)$$

H_{CO_2} , H_{CO} – хий тус бүрийн дулааны хэмжээ, $\frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$.

Хий тус бүрийн дулааны хэмжээг 1.7 дугаар хүснэгтэд тусгав.

1.5 дугаар хүснэгт

$T^{\circ}K$	CO ₂	CO	H ₂ O	H ₂	N ₂
0	0	0	0	0	0
100	0,68	0,68	0,80	0,45	0,68
200	1,44	1,40	1,60	0,98	1,40
300	2,26	2,09	2,39	1,57	2,09
400	3,19	2,77	3,20	2,23	2,78
500	4,22	3,50	4,00	3,06	3,50
600	5,33	4,20	4,88	4,05	4,20
800	7,70	5,70	6,66	5,04	5,67
1000	10,24	7,29	8,57	6,97	7,21
1200	13,00	8,86	10,58	8,42	8,79
1400	15,68	10,52	12,70	9,93	10,43
1600	18,43	12,22	14,89	11,47	12,02
1800	21,28	13,93	17,24	13,06	13,79
2000	24,17	15,65	19,63	14,68	15,51
2200	27,08	17,45	22,08	16,32	17,24
2400	30,02	19,12	24,57	18,02	18,97
2600	32,99	20,90	27,12	19,70	20,72
2800	35,98	22,68	29,70	21,46	22,48
3000	38,98	22,45	32,30	23,20	24,26

Төрөл бүрийн температурт шаталтын бүтээгдэхүүний дотоод энергийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

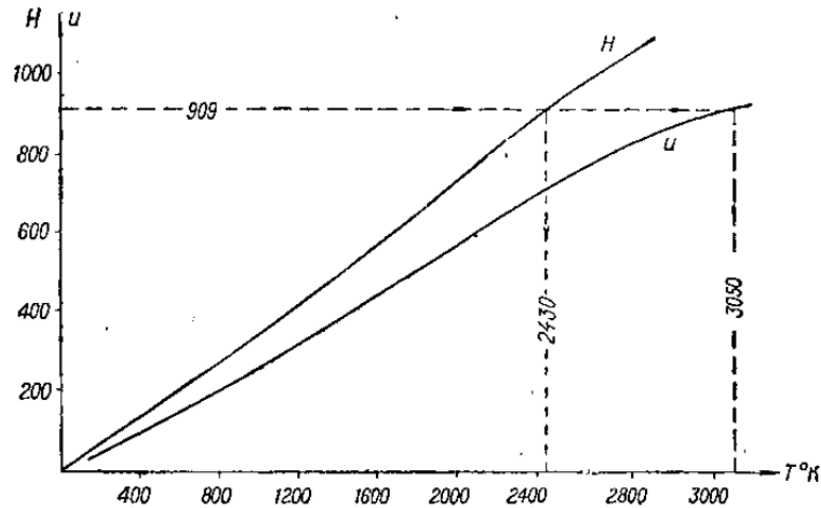
$$H = U + nrT;$$

Энд: n – шаталтын бүтээгдэхүүний ерөнхий моль тоо;

r – 1 молийн хийн тогтмол, $1,986 \times 10^{-3}$.

Хэд хэдэн температурын утганд шаталтын хийн бүтэц, тэдгээрийн дулааны хэмжээ, дотоод энергийг тодорхойлоод хамаарлыг тусгасан муруйг байгуулж болно. 1.2 дугаар зурагт харууллаа. Анхны дулааны хэмжээ анхны энергийн хэмжээтэй тэнцүү бөгөөд түлшний илчлэгтэй тэнцүү учраас муруйг ашиглан $U_0=H_0=Q$ утганд тохирох T_{0V} температурыг олно. Хэрэв түлшний илчлэг мэдэгдэхгүй бол Де-Поу аргаар тодорхойлно. $H(T)$, $U(T)$ муруйг ашиглан өөрт шаардлагатай температурт тохирсон бодит дулаан багтаамж, мөн адиабатын үзүүлэлтийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$c_p = \frac{dH}{dT}; c_v = \frac{dU}{dT}; k = \frac{c_p}{c_v}$$



1.2 дугаар зураг. Түлшний энергийн үзүүлэлтийн муруй.

$H(T)$, $U(T)$ хамаарлын хүснэгтэд ΔT температурын үечлэл бол тухайн температур

T_i -т тохирох дулаан багтаамжийг дараах илэрхийллээс олно:

$$c_{pi} = \frac{H(T_i + \Delta T) - H(T_i - \Delta T)}{2\Delta T}; \quad (1.10)$$

$$c_{\omega i} = \frac{U(T_i + \Delta T) - U(T_i - \Delta T)}{2\Delta T};$$

$$k_i = \frac{c_{pi}}{c_{vi}};$$

$T_2 - T_1$ температурын дурын интервалд дундаж дулаан багтаамж ямар байхыг дараах илэрхийллээс олно:

$$[c_p]_{T_1}^{T_2} = \frac{H(T_2) - H(T_1)}{T_2 - T_1};$$

$$[c_v]_{T_1}^{T_2} = \frac{U(T_2) - U(T_1)}{T_2 - T_1};$$

Түлшний хүчийг дараах илэрхийлээр олно:

$$f_v = RT_{0vд};$$

$R = n_r$ (r-хийн универсал тогтмол)

Пуужингийн техникт гол төлөв түлшний хүчийг f_p томъёогоор тодорхойлдог:

$$f_p = RT_{0p};$$

Энэ 2 хэмжигдэхүүний хоорондын хамаарал: $f_p = \frac{f_v}{k};$

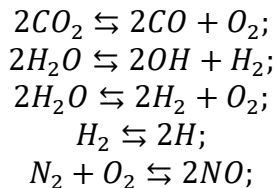
Дарийн хийн молийн тоог шаталтын бүтээгдэхүүний бүтцийн тооцоог хийх үед тодорхойлно. Энэ тоо температураас хамааран өөрчилөгдөхгүй, дараах томъёогоор олно:

$$n = a + \frac{b^1}{2} + \frac{a}{2};$$

Шаталтын бүтээгдэхүүний хийн эзэлхүүнийг /хэвийн нөхцөлд 0°C ба 760 мм. муб/, тодорхойлно:

$$\omega = 22; 4n \left(\frac{\text{л}}{\text{кг}} \right);$$

Энэ арга нь зарим нөхцлийг тооцоогүй үед тухайлбал, усны хийн тэнцвэр болон хийн ууршилтыг тооцохгүйгээр шаталтын бүтээгдэхүүний бүтцийг тодорхойлдог арга дээр үндэслэсэн. Харин өндөр илчлэгтэй түлшинд ууршилтын урвалыг тооцох шаардлагатай.



Эдгээр урвалыг тооцох нь нэлээд хүнд байдаг. Тиймээс дараах аргыг хэрэглэх нь зүйтэй. Үүнд, дээрх 5 урвалд хүснэгтэд утга нь өгөгдөх тэнцвэртэй байдлын K_1 - K_5 тогтмол хэмжигдэхүүнийг хэрэглэнэ. Тийм тохиолдолд ууршилтын бүтээгдэхүүний даралтыг ойролцоогоор дараах томъёогоор бодно³²:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 &= \left(\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}} K_1 \right)^2; \quad \text{OH} = \frac{\text{H}_2\text{O}}{\sqrt{\text{H}_2}} K_2; \\ \text{H} &= \sqrt{\text{H}_2 K_4}; \quad \text{NO} = \sqrt{\text{N}_2 \text{O}_2 K_5}; \end{aligned} \quad (1.11)$$

CO_2 , CO , H_2O , H_2 бодисуудын утгыг (1.7), (1.8) томъёоноос авна. Хийн камер дахь нийт даралтыг нийлбэр даралт гэж үзээд дараах томъёогоор тодорхойлно:
n - молийн тоо.

$$p_l = p \frac{n_l}{n};$$

CO_2 хийн тооцоог хийхийн тулд (1.7) томъёонд ордог M ба R утгыг тодотгоно. Бодисын тэнцвэрт байдлын үүднээс дараах тооцоог хийнэ:

$$\begin{aligned} R &= R^0 - (2\text{O}_2 + \text{NO} + \text{OH}); \\ M &= M^0 - \frac{1}{2}(\text{H} + \text{OH}) + (2\text{O}_2 + \text{NO} + \text{OH}); \end{aligned} \quad (1.12)$$

³² Новожилов Б. В. Нестационарное горение твердых ракетных топлив. — М.: Наука, 1973;

Энд:

$$R^0 = c - a = (CO_2 + H_2O)^0;$$
$$M_0 = \frac{b}{2} - c + a = (H_2 - CO_2)^0;$$

(°) тэмдэглэгээ тэг шийдийг заана. Дараа нь (1.7), (1.8) томьёонуудаар үндсэн 4 хийн даралтын тодотгосон утгуудыг олно.

N₂-ийн засварласан утгыг дараах илэрхийллээс олно:

$$2N_2 + O_2 = 2(NO + N);$$

Үндсэн бодисууд уурших үед даралт нэмэгдэх тул хөдөлгүүрийн камер доторх даралт байвал зохих $p_{зад}$ хэмжээнээс илүү гарч болзошгүй. Түүнийг засахын тулд дараах илэрхийллийг хэрэглэнэ:

$$(p_l)_{испр} = p_l \frac{p_{зад}}{\sum p_l};$$

Энэ тооцоогоор эхний ойролцоо харьцуулалт дуусна. Хэрэв дахин хоёрдохь ойролцоо тооцоог хийх шаардлага гарвал бүх тооцоог дахин давтаж хийнэ.

Хатуу түлшний дотоод баллистикийн үзүүлэлт

Пуужингийн хатуу түлшний шаталтын хурд

Пуужингийн хатуу түлшний шаталтын шугаман хурд гэдэг нь шаталтын гадаргуу цэнэгийн гүн рүү шилжих хурдыг хэлнэ. Пуужингийн түлш нь зэрэгцээ үеэр жигд шатдаг тул шаталт камерынхаа эзлэхүүний хэлбэрээр явагдана. Шаталтын шугаман хурдыг түлшний нягтаар үржүүлсэн үржвэр нь шаталтын жингийн хурдыг илэрхийлнэ.

Нэгж хугацаанд шаталтын гадаргууны нэгж талбайгаас үүсэх хийн жин m -тэй тэнцэнэ. Орчин үеийн пуужингийн түлшний шаталтын шугаман хурд 1-50мм/сек байна. Шаталтын их хурд удирдлагагүй пуужингийн сум ба гарааны хөдөлгүүр мөн түүнчлэн толгойн гадаргуунаасаа шатдаг аяны хөдөлгүүрт байдаг. Шаталтын баг хурд нь хэвтээ чиглэлд дотроосоо гадагш шатдаг цэнэгтэй аяны хөдөлгүүрийн ажлын их цагийг хангана. Түлшний шаталтын хурд түүний физик, хими шинж, пуужингийн камер дахь даралт p , анхны температур T_n хийн урсгалын хурд v зэргээр тодорхойлогдоно. Түүний математик хамаарлыг дараахь хэлбэрээр бичнэ³³.

$$u = f(p)\eta(T_n)\varphi(v);$$

Тэдгээр нь түлшний бүтэц, үйлдвэрлэх технологийн онцлогоор тодорхойлогдоно. Нитроглицерин дээр суурилсан баллистит түлшинд нитроглицерины хэмжээ ихсэхэд u хэмжигдэхүүн нэмэгдэнэ. Шахалтын нөхцөл онцгой үүрэгтэй. Хольцот түлшинд u исэлдүүлэгчийн төрөл, бүтэц, түүний нунтаглалтын зэрэг мөн бусад хольцоос хамаарна.

1.3 дугаар хүснэгтэнд байгаа өгөгдөхүүнүүдээс харахад калийн перхлорат

³³ Соркин Р.Е. Газотермодинамика ракетных двигателей на твердом топливе. – М.: Наука, 1967. – 368 с.

хамгийн их хурдтай аммоны нитрат хамгийн бага хурдтай байна. Шаталтын хурд даралтаас хамаарах хамаарал $u = f(p)$

Балластит түлшинд бага даралтын хүрээнд (30-80кг/см² хүртэл) хурд даралтын хамаарал

$$u = u_1 p^v ; \quad (1.13)$$

Энэ хамаарлыг дотоод баллистикт шаталтын зэргийн хууль гэж нэрлэдэг. Даралт ихсэх тутам зэргийн хамаарал шугаман хамаарал болдог. $u = A + Bp$
Эсвэл

$$u = \bar{a}(1 + \bar{b}p) ; \quad (1.14)$$

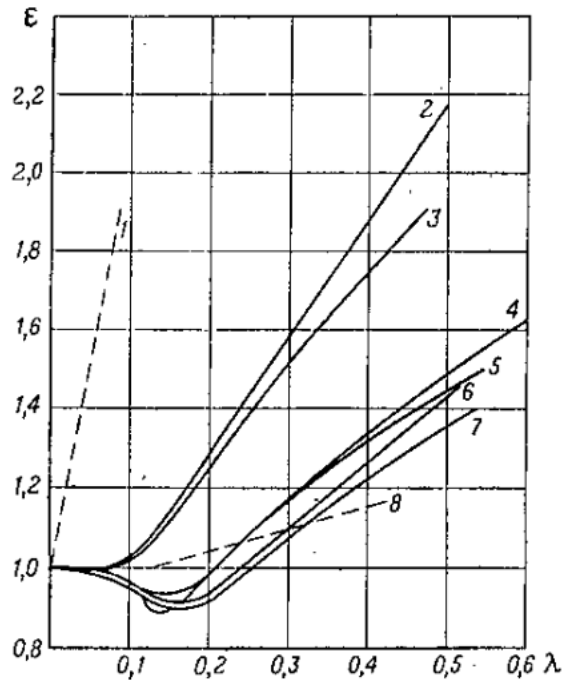
Шаталтын шугаман хууль 40-өөс 200-300кг/см² хүртэлх даралтанд тохирно. 30-150 кг/см² хүртэлх даралтын хүрээнд шаталтын хурдыг тодорхойлох нь зэргийн ба шугаман хамаарлыг аль алийг нь ашиглаж болно. Өндөр даралтанд шугаман хуулийн A хэмжигдэхүүнийг тооцохгүй байж болно.

$$u = u_1 p ; \quad (1.15)$$

Хольцот түлшний хурдны хамаарал нь балластит түлштэй адил орчин үеийн пуужингийн хөдөлгүүрийн зэргийн үзүүлэлтийн хэмжээ v 0,1-0,85 хооронд байна. Балластит түлшний v үзүүлэлт илүү өндөр байдаг. /хүснэгт 1.1/ Хольцот түлшинд шаталтын хурд бага хэмжээгээр даралтаас хамаарна.

Хийн урсгалын хурд шаталтын хурданд нөлөөлөх

Цэнэгийн гадаргуугаар их хурдтай хийн урсгал дайрахад шаталтын хурд нэмэгдэнэ. Энэ үзэгдэл хий өнгөрөх бага зайтай хөдөлгүүрийн урт цэнэг шатах үед ажиглагдана. Шаталтын хурд нэмэгдэх туршилтыг 2 чиглэлээр хийсэн. Эхнийх нь хийн үзүүлэлт нь тодорхой мэдэгдэж байгаа хийн урсгалд тусгай савтай хавтгай жижигхэн түлшний үрлийг хийсэн. Хоёрдахь нь тасралттай шатдаг загварын хөдөлгүүрт цэнэгийг шатаасан.



1.3 дугаар зураг. Хийн урсгалын хурд хатуу түлшний шаталтын хурдны хамаарал

1.3 дугаар зурагт тасралттай шатдаг хөдөлгүүрт 67 кг/см^2 нягттай баллистит ба хольцот түлшний туршилтын дүнг тусгав. Босоо тэнхлэг дээр түлшийг дайраагүй үеийн хурдны харьцааг оруулсан. $\epsilon = \frac{u_v}{u_0}$, хэвтээ тэнхлэгт хийн урсгалын хурдны λ утгыг харууллаа. Үүнд, 1 ба 8 муруй $u = 0,24, 2,18 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ хурдтай хольцот түлш, 2-7 муруйнууд $u = 0,81; 0,86; 1,17; 1,20; 1,23; 1,19$ хурдтай баллистит түлшний үзүүлэлт болно.

Графикаас харахад шаталтын хурд урсгалын зарим $\lambda_{\text{пр}}$ босго хурднаас эхлэн нэмэгдэж эхэлж байна. λ хурд $\lambda_{\text{пр}}$ хурднаас их болох үед шаталтын хурд эхлээд шулуун шугаман хэлбэртэй байна.

$$\text{Түүний хамаарал } \epsilon = 1 + k_{\lambda}(\lambda - \lambda_{\text{пр}}) \text{ буюу, эсвэл} \quad (1.16)$$

$$\epsilon = 1 + k_v(v - v_{\text{пр}}) \text{ болно.} \quad (1.17)$$

k_v, k_{λ} – нуралтын итгэлцүүр гэнэ, хөдөлгүүрийн даралт нэмэгдэхэд багасна. JPN загварын баллистит түлшний хурд $v_{\text{пр}} 180 \text{ м/сек}$, харин k_v хэмжигдэхүүн

нь хурд $v = 200-400$ м/сек үед $0,0022$ сек/м байдаг.

Хатуу түлштэй цэнэгийг асаах арга

Асаах нь хатуу түлшний шаталтын эхний шат болно³⁴. Дулааны импульс өгсний дараа цэнэгийн асалт хугацааны хувьд бага зэрэг хоцорч асна. Үүнийг саатлын цаг гэж нэрлэнэ. Аммоны перхлораттай хольцот дарийг асаах үед халуун хийгээр үлээдэг хоолой хэрэглэдэг ($\rho = 10 - 25$ кг/см², $T_0 = 1200 - 1800^\circ K$, $v = 50 - 100$ м/сек). Түлш асахад цэнэгийн анхны температур чухал нөлөөтэй. Асалтын босго энерги цэнэгийн температур бага үед шулуун шугамаар өснө³⁵. Түлшний асалт түүний бүтцээс мөн хамаарна. Баллистит түлш хольцот түлшнээс хялбар асдаг. Пуужингийн цэнэгийн асаагуурт дараах шаардлага тавигдана:

- Бага овор хэмжээ жинтэй, нэг чиглэлийн үйлчилгээтэй;
- Өндөр даралт үүсгэдэггүй, удаан хадгалагдах бололцоотой;
- Хөдөлгүүрийг богино хугацаанд ажлын горимд шилжүүлнэ

Асаах хольцонд хар дарийг хэрэглэдэг. Хар дарьны шаталтын бүтээгдэхүүнд халуун хайлмаг хатуу биет их байдаг (түүний жингийн 60% хүртэлх). Хий үүсэх идэвхийг үрлийн хэмжээгээр тохируулдаг. Металлд (хөнгөнцагаан эсвэл магни) суурилсан пиротехникийн хольц ба минерал исэлдүүлэгч (калийн перхлорат эсвэл нитрат)-ийг асаагуурт хэрэглэнэ. Эдгээр хольцын дутагдалтай тал нь удаан хугацаанд хадгалахад металлыг исэлдүүлдэг. Хөдөлгүүрийн камерт өөрөө асдаг шингэн (гурван фторт хлор, гурав ба таван фторт бром) цацаж асаах туршилт хийсэн. Хольцыг хуванцар ба төмөр битүүмжилсэн их биенд байрлуулна. Асаагч хольцыг ихэнх тохиолдолд цахилгаан галаар асаадаг.

1.5. Тийрэлтэт хүч, хувийн импульс

Пуужингийн нислэгийн үед түүнд үйлчлэх даралтын хүчний гол вектор хэмжигдэхүүнийг дараах илэрхийллээр тодорхойлно³⁶:

$$\bar{R} = \iint_S (p - p_n) \bar{n} dS; \quad (1.18)$$

$p - p_n$ -гадаргууны тухайн цэг дэхь даралт;

\bar{n} –гадаргууны нормалийн нэгж вектор хэмжигдэхүүн;

S -пуужингийн гадна гадаргуу- S_e , дотор гадаргуу- S_1 , хөдөлгүүрийн цорго зэргээс бүрдсэн нийт гадаргуу.

$$\bar{R} = \iint_{S_e} (p - p_n) \bar{n} dS + \iint_{S_1} (p - p_n) \bar{n} dS = \bar{Q} + \bar{P}; \quad (1.19)$$

(1.19) илэрхийллийн эхний хэсэг нь аэродинамик хүч, хоёрдугаар хэсэг нь тийрэлтэт хүч болно. Тиймээс тийрэлтэт хүчийг камерийн дотор гадаргуу болон

³⁴ Виллюнов В. Н. Теория зажигания конденсированных веществ. — Новосибирск: Наука, 1984.

³⁵ Хүү-Ухна.А Пиротехник судлал. Боть 1. УБ.Сэлэнгэ пресс 2021. т.140.,ISBN 978-9919-24-762-1.

³⁶ Егорычев В.С. Теория расчет и проектирование ракетных двигателей. Самара.,2011, с 36-40;

цоргонд үйлчилдэг даралтын хүчний хамгийн гол вектор хэмжигдэхүүн гэж үзнэ:

$$\bar{P} = \iint_{S_1} (p - p_H) \bar{n} dS; \quad (1.20)$$

(1.18), (1.19) илэрхийлэлүүдэд $(p - p_H) \bar{n}$ –ийн оронд $p_H \bar{n}$ –ийг интегралд тавина

$$\iint_S p_H \bar{n} dS = 0;$$

Гэвч аэродинамикт (1.18) томъёогоор даралтыг тооцдог тул \bar{Q} , \bar{P} хүчнүүд хамтдаа даралтын хүчний гол вектор болох тул тийрэлтэт хүчний илэрхийлэлд нэмэлт даралтыг тооцох шаардлагатай:

$$\bar{P} = \iint_{S_1} (p - p_H) \bar{n} dS = \iint_{S_1} p \bar{n} dS - p_H \iint_{S_1} \bar{n} dS; \quad (1.21)$$

(1.21) илэрхийллийн 2-р хэсгийг үзье, Хэрэв камерыг гарах огтлолд бөглөөтэй болгож хийгээр дүүргэвэл даралтын дотоод хүчнүүд тэнцвэржинэ. Хэрэв дотор гадаргууны дагуу даралт тогтмол байх нөхцөлийг хангаад бөглөөг авахад дотоод хүчний тэнцвэр $p_H F_a$ хэмжээгээр алдагдана. F_a – цоргоны гаралтын огтлолын талбай. Үүний үр дүнд дараах хэлбэрт шилжинэ:

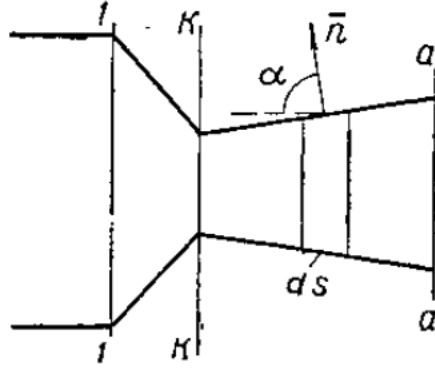
$$p_H \iint_{S_1} \bar{n} dS = -p_H F_a \bar{n}_a; \quad (1.22)$$

\bar{n}_a – цоргоны гаралтын огтлолд татсан гадна талын нормалийн нэгж вектор. (1.21) илэрхийлэл дараах хэлбэртэй болно:

$$\bar{P} = \iint_{S_1} p \cos \alpha dS - p_H F_a; \quad (1.23)$$

α - гадаргуунд татсан нормаль ба симметрийн тэнхлэгийн хоорондох өнцөг.

(1.23) илэрхийллийн интегралыг цоргоны гаралтын ам, оролтын конус, хөдөлгүүрийн камерт бодно.



1.4 дүгээр зураг. Цоргоны дагуу татах хүчний тархалт

1-оролтын конусын эх;
 к-цухалдах (критический) огтлол;
 а-гаралтын огтлол.

(1.4) зурагт дүрсэлсэн гаралтын F_a огтлолоос цухалдах F_{kp} огтлол хүртэл хэсгийг судалъя. Тэнхлэгт босоо байрлалтай 2 огтлолоор зүссэн конус хэлбэртэй хажуугийн гадаргуу dS хэмжээтэй дугуйн тооцоо хийнэ. Энэ гадаргууны проекц:

$$dS \cdot \cos \alpha = -dF; \quad \text{болно.}$$

Хасах тэмдэг S өсөхөд F буурахыг заана.

(1.23) илэрхийлэлд соплооны гаралтын аманд интеграл дараах хэлбэртэй болно:

$$\int_a \int_k p \cos \alpha dS = -\int_a \int_k p dF = -\int_a \int_k d(pF) + \int_a \int_k F dp; \quad (1.24)$$

Бернуллын тэгшитгэлээс $\rho v dv = -dp$ болох тул эндээс:

$$F dp = -F_p v dv = -\frac{G}{g} dv;$$

(1.24) илэрхийлэл дараах хэлбэртэй болно:

$$\int_a \int_k p \cos \alpha dS = -p_k F_k + p_a F_a - \frac{G}{g} v_k + \frac{G}{g} v_a; \quad (1.25)$$

$$\text{Орох конуст} \quad \int_k \int_1 p \cos \alpha dS = -p_1 F_1 + p_k F_k - \frac{G}{g} v_1 + \frac{G}{g} v_k; \quad (1.26)$$

(1.16) илэрхийллээс камерийн ёроолд даралт цоргоны оролт дээрх 2 дахин их хурдтай тэнцүү байдгийг мэдэх тул:

$$\Delta p = \rho v_1^2 = g \rho F_1 v_1 \frac{v_1}{g F_1} = \frac{G}{g F_1}; \quad \text{болно.}$$

$$F_0 = F_1 \quad \text{гэж үзээд} \quad p_1 F_1 + \frac{G}{g} v_1 = p_0 F_0;$$

3.24 илэрхийлэл дараах хэлбэрт орно:

$$\int_{\Sigma} p \cos \alpha \, dS = -p_0 F_0 + p_{\Sigma} F_{\Sigma} + \frac{G}{g} v_{\Sigma}; \quad (1.27)$$

$$\text{Камерын ёроолд даралтын хүч} \quad p_0 F_0 = P_{\text{дно}} \quad \text{болно.} \quad (1.28)$$

(1.25), (1.27), (1.28) илэрхийллүүдийг хооронд нь нэмээд (1.23) илэрхийллээс:

$$P = \frac{G}{g} v_a + F_a (p_a - p_H); \quad (1.29)$$

Тийрэлтэт хүчний (1.29) илэрхийллийг камерын дотоод гадаргуу, соплооны даралтыг нэмж гарган авсан.

(1.29) илэрхийллээс тийрэлтэт хүчний хамгийн их хэмжээ пуужингийн нислэгийн хоосон зайд ($p_H = 0$) болж байна. Энэ үед:

$$P_{\text{пуст}} = \frac{G}{g} v_a + F_a p_a;$$

Зарим судлаачид (1.29) илэрхийллийн баруун талын нэгдүгээр нэмэгдэхүүнийг хоёрдугаар нэмэгдэхүүнд харьцуулж гадны хүчинд харьцуулсан харьцааг тийрэлтэт хүч гэж үздэг. Хоёр нэмэгдэхүүн нийлээд камерын дотор гадаргуу, соплоонд үйлчлэх даралтын хүчний хэмжээтэй тэнцүү гэж үздэг тул дээрх дүгнэлт тийрэлтэт хүчний тодорхойлолтод тохирдоггүй.

Харин гадны хүчинд зөвхөн $F_a p_H$ харьцуулж аэродинамик хүчинд оруулах нь зөв юм. Энэ үед аэродинамикт дараах илэрхийллээр аэродинамик хүчийг тооцно.

$$\bar{Q} = \iint_{S_e} (p - p_H) \bar{n} \, dS = \iint_{S_e} p \bar{n} \, dS - p_H \bar{n} F_a;$$

$p_H \bar{n} F_a$ – хүч хөдөлгөөний чиглэл дагуу чиглэнэ. Хэрэв хөдөлгөөний эсрэг чиглэлтэй хөдөлгүүрт харш $p_H F_a$ хүчийг аэродинамикт оруулбал дараах илэрхийлэл үүснэ.

$$\bar{Q} = \iint_{S_e} p \bar{n} \, dS;$$

Энэ нь аэродинамик хүчний тооцоог хийхдээ нэмэлт даралт дээр тулгуурлах биш, харин туйлын даралт дээр тулгуурлах нь зөв болохыг шаардаж байна. Түүнээс гадна хөдөлгүүрийн ажиллагааг лабораторт судлах үед $p_H F_a$ хүчийг тооцох шаардлага гарсан. (1.26) (1.27) илэрхийллүүд зөвхөн тийрэлтэт хүчний нийлбэр хэмжигдэхүүнийг тооцохоос гадна тэдгээрийг бүрдүүлэгч хүчнүүдийг тооцох бололцоо өгдөг. Жишээлбэл, (1.25) (1.27) илэрхийллүүдийг нэмж цорго дээр ирэх тийрэлтэт хүчний хэсгийн хэмжээг олж болно:

$$P_{\text{цорго}} = \frac{G}{g} v_a + p_a F_a - p_0 F_0; \quad (1.30)$$

(1.30) илэрхийлэл эерэг ба сөрөг байж болно. $P_{\text{цорго}}=0$ байх цорго болон хөдөлгүүрийн горим сонгон авбал тийм цорго хөдөлгүүрийн камераас салах гэж тэмүүлэхгүй.

Жишээ нөхцөл: $p_0 = \frac{120\text{кг}}{\text{см}^2}$; $d_a = 30\text{см}$; $d_k = 15\text{см}$; $f_p = 90000\text{м}$; $k = 1,25$; $F_a = 70.6\text{ см}$; камерын диаметр $D = 50$; дээрх нөхцөлөөр тооцож

$G = 14,5 \frac{\text{кг}}{\text{сек}}$; $v_a = 2050 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$; $p_a = 4,7 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ болохыг олно. Гаднах атмосферийн даралт $p_H = 1 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ (3.27) томъёогоор:

$$P = \frac{G}{g} v_a + F_a (p_a - p_H) = \frac{14,5}{9,81} 2050 + 70,6(4,7 - 1) = 3030 + 260 = 3290\text{кг};$$

Энэ жишээний нэгдүгээр нэмэгдэхүүн $\frac{G}{g} v_a$ нь тийрэлтэт хүчний нийт хэмжээний 92% болж байна. (1.30) томъёогоор цорго дээр үйлчлэх хүчийг олно.

$F_0 = 196\text{см}^2$ бол дараах тооцоог бодож дүнг гаргана.

$$P_{\text{сопло}} = \frac{G}{g} v_a + p_a F_a - p_0 F_0 = 3030 + 4,7 \cdot 70,6 - 120 \cdot 196 = -20160\text{кг};$$

Хасах тэмдэг цорго дээр үйлчлэх даралтын хүч урсгалын дагуу чиглэж байгааг заана. Тэр нь өөрийнхөө хэмжээгээр ёроол дээр үйлчлэх хүчнээс 11,3% бага байна.

$P_{\text{дно}} = p_0 F_0 = 120 \times 196 = 23520\text{ кг}$ урсгалын эсрэг чиглэнэ.

Ямар тохиолдолд цорго дээр үйлчлэх даралтын хүч тэгтэй тэнцэхийг судалъя. (1.30) томъёонд энэ нөхцөл дараах хэлбэртэй болно:

$$\frac{G}{g} v_a + F_a p_a - F_0 p_0 = 0;$$

G, v_a утгыг тавьж, мөн

$$F_a = \zeta^2 F_k, \quad p_a = \pi_a p_0 \quad \text{тул}$$

$$\varphi \frac{A}{g} F_v(\zeta) F_k p_0 + \zeta^2 \pi_a F_k p_0 - F_0 p_0 = 0 \quad \text{болох тул нөхцлөө олно.}$$

$$\frac{F_0}{F_k} = \frac{\varphi A F_v(\zeta)}{g} + \zeta^2 \pi_a;$$

Бидний жишээн дээр $\zeta=2$; $\pi_a=0,0394$; $F_v(\zeta)=6,85$ учраас

$$\frac{F_0}{F_k} = \frac{0,98 \cdot 2,06 \cdot 6,85}{9,81} + 4 \cdot 0,0394 = 1,43;$$

Тийнхүү бидний судалсан нөхцлөөр хэрэв хөдөлгүүрийн камерын хөндлөн огтлолын талбай цухалдах огтлолын талбайнаас 43% их байвал, мөн гаралтын огтлолын талбай сүүлчийнхээс 4 дахин их ($\zeta^2 = 4$) байвал цорго тэнцвэртэй байна гэсэн дүгнэлт гарч байна.

Тийрэлтэт хүчний томьёонуудыг гаргахдаа бид тогтсон урсах үйл явц дээр тулгуурлалаа. Энэ үед хурд, нягт, түүнтэй хамт камер дахь хийн хөдөлгөөний хэмжээ өөрчлөгдөхөөргүйгээр тооцов. Гэтэл бодит байдал дээр эдгээр хэмжигдэхүүнүүд өөрчлөгдөж байдаг, ялангуяа, хөдөлгүүрийн ажиллах эхний шатанд даралтын муруй өсөх үед өөрчлөгдөнө. Дээрх нөхцлийг тооцоогүйгээс гарах алдаанд дүгнэлт хийж үзье. Хөдөлгүүрийн камерт даралт өөрчлөгдөх үед хийн температур, урсгалын хурд бараг өөрчлөгдөхгүй, харин нягт даралттай шууд өөрчлөгдөнө. Камер дахь хийн хөдөлгөөний тоо хэмжээ дараах хамааралтай

$$K = m v_{cp} = \left(W_{\text{кам}} - \frac{\omega}{\delta} \right) \rho v_{cp};$$

$W_{\text{кам}}$ - Камерын эзлэхүүн;

δ - түлшний хувийн жин;

ω - түүний жин;

$W_{\text{кам}} - \frac{\omega}{\delta}$ камер дахь хийн эзлэхүүн.

$W_{\text{кам}} = \frac{\omega}{\Delta}$, $p = \frac{p}{g f_p}$ гэж үзээд дараах илэрхийллийг үүсгэнэ:

(Δ – камерыг түлшээр цэнэглэх нягт)

$$K = \omega \left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta} \right) \frac{p}{g f_p} v_{cp};$$

Хэрэв камерт даралт өөрчлөгдвөл дараах хэлбэртэй болно:

$$\Delta K = \frac{\omega v_{cp}}{g f_p} \left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta} \right) \Delta p;$$

Илэрхийллийг үндсэн хэмжээтэй харьцуулж шинэ утга гарган авна:

$$K = \frac{G}{g} v_a;$$

Тийрэлтэт хүчний томьёонд тавина:

$$\varepsilon = \frac{\Delta K}{K} = \frac{\omega v_{cp}}{G f_p v_a} \left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta} \right) \frac{\Delta \rho}{\Delta t};$$

Даралт тэгээс хамгийн их утгандаа хүрэх эхний үеийг дараах хэлбэрт бичнэ:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} \approx \frac{dp}{dt} \approx \frac{P_{max}}{t_1};$$

t_1 – даралт дээд хэмжээнд хүрэх үе.

τ – хий гарах бүрэн хугацаанд: $\omega = G_{cp}\tau$

ε илэрхийлэлд $G = G_{cp}$ дараах томъёо гарна:

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta} \right) \frac{\tau}{t_1} \cdot \frac{v_{cp}}{v_a} \cdot \frac{P_{max}}{f_p};$$

ε хэмжигдэхүүнийг үнэлэхийн тулд дараах тооцоог хийнэ. $\delta = 1 \cdot 7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^2$;
 $\Delta \approx 1,1 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $v_{cp} = 100 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$; $v_a = 2000 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$; $\frac{\tau}{t_1} \approx 20$; $P_{max} \approx 120 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;
 $f_p = 90000 \text{ м}$ эдгээрийг орлуулаад дараах үр дүнд хүрнэ.

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{1100} - \frac{1}{1700} \right) 20 \cdot \frac{100}{2000} \cdot \frac{120 \cdot 10^4}{90000} = 0,43 \cdot 10^{-2}$$

Ийм нөхцөлөөр тооцоо хийхэд тийрэлтэт хүч, хийн урсгал зэрэг үзүүлэлтүүд тогтсон горимоос 0,5% өөрчлөгдөж байна. Тийрэлтэт хүчний (3.27) томъёог гаргахдаа бид камерын тэнхлэгтэй хий зэрэгцээ урсана гэж тооцсон. Бодит байдал дээр цорго нь конус хэлбэртэй хий налуу шугмаар цацран урсаж гардаг тул урсгалын хурдны бүтцийн элементүүдээр тийрэлтэт хүч тодорхойлогдоно. Дээрх хүчин зүйлсийг харгалзан үзээд тийрэлтэт хүчний томъёо дараах хэлбэртэй болно:

$$P = \frac{1+\cos \alpha}{2} \left[\frac{G}{g} v_a + F_a (p_a - p_H) \right]; \quad (1.31)$$

α - цоргоны налуу өнцгийн хагас.

$\alpha = 15\%$ байхад засварлагч үржигдэхүүн $\frac{1+\cos \alpha}{2} \approx 0,983$ байна.

Хөдөлгүүрийн ажиллах хугацаанд тийрэлтэт хүчний бүрэн импульсийг дараах илэрхийллээр тодорхойлно³⁷:

$$I = I(\tau) = \int_0^{\tau} P dt ;$$

(τ) – хөдөлгүүрийн ажиллах бүх хугацаа.

(3.27) томъёоноос тийрэлтэт хүчний хамаарлаас дараах утгыг олно:

$$I = \frac{v_a}{g} \int_0^{\tau} G dt + F_a \int_0^{\tau} p_a dt - F_a p_H \tau; \quad (1.32)$$

Баруун талын эхний хэсгээс:

³⁷ Хүү-Ухна.А. Цэргийн зэвсгийн галт хэрэглэл. УБ., Соёмбо принтинг.,2013., 30-32 т, ISBN 978-99962-2-493-5.

$$\frac{v_a}{g} \int_0^{\tau} G dt = \frac{v_a \omega}{g};$$

Хоёрдугаар нэмэгдэхүүн:

$$F_a \int_0^{\tau} p_a dt = F_a \pi_a \int_0^{\tau} p_0 dt;$$

Секундын зарцуулалтын хамаарлыг тооцно:

$$F_a \int_0^{\tau} P_a dt = \frac{F_a}{F_{кр}} \cdot \frac{\sqrt{\chi f_p}}{A} \pi_a \int_0^{\tau} G dt = \zeta^2 \frac{\sqrt{\chi f_p} \pi_a}{A} \omega;$$

Эцсийн байдлаар дараах хэлбэртэй болно:

$$I = \frac{v_a}{g} \omega + \zeta^2 \frac{\pi_a \omega}{A} \sqrt{\chi f_p} - p_H F_a \tau;$$

Тийрэлтэт хүчний хувийн импульс I_1 гэж түлшний нэг кг жинд бүрэн импульсийг харьцуулсан харьцааг хэлнэ.

$$I_1 = \frac{I}{\omega} = \frac{v_a}{g} + \frac{\zeta^2 \pi_a}{A} \sqrt{\chi f_p} - p_H F_a \frac{\tau}{\omega}; \quad (1.33)$$

Дараах хүчин зүйлийг харгалзан:

$$\frac{\omega}{\tau} = G_{ср} = \frac{A F_{кр} (\rho_0)_{ср}}{\sqrt{\chi f_p}}$$

Сүүлийн нэмэгдэхүүний p_0 өөрчлөлтийг үл харгалзан дараах байдалтай болно:

$$I_1 = \frac{v_a}{g} + \frac{\zeta^2 \pi_a}{A} \sqrt{\chi f_p} - \frac{p_H \zeta^2}{p_0 A} \sqrt{\chi f_p}; \quad (1.34)$$

Хувийн импульс ашиглалтын үеийн маш чухал энергийн үзүүлэлт юм. Удаан хугацаагаар шатдаг хөдөлгүүрийн зөвхөн даралтын өөрчлөлтөөс гадна хийн температур, адиабатын үзүүлэлт, түлшний хүч зэргийг харгалзан үзнэ. Энэ нөхцөлд хувийн импульсийн оронд хувийн татах хүч гэсэн ойлголтыг хэрэглэнэ. Энэ нь татах хүчийг секундын зарцуулалтад харьцуулсан харьцаа юм.

$$P_{уд} = \frac{P}{G} = \frac{v_a}{g} + \frac{F_a}{G} (p_a - p_H); \quad (1.35)$$

$$P_{yд} = I_1 = \frac{v_a}{g} + \zeta^2 \frac{\sqrt{\chi f p}}{A} \left(p_a - \frac{p_H}{p_0} \right) \quad (1.36)$$

(3.33) илэрхийллийн нэгдүгээр нэмэгдэхүүнийг оруулан дараахыг тооцно.

$$v_e = v_a + \frac{g}{G} F_a (p_a - p_H) = v_a - g \zeta^2 \frac{\sqrt{\chi f p}}{A} \left(p_a - \frac{p_H}{p_0} \right); \quad (1.37)$$

Энэ үед тийрэлтэт хүчний томьёо дараах хэлбэрт шилжинэ.

$$P = \frac{G}{g} v_e; \quad (1.38)$$

$$\text{Хувийн импульс} \quad I_1 = \frac{v_e}{g} \quad (1.39)$$

Дээрх жишээнд $v_a = 2050$; $G = 14.5$; $F_a = 70.6$ $p_a = 4.7$; $p_H = 1$.

$$\frac{g}{G} F_a (p_a - p_H) = \frac{9.81}{14.5} 70.6 (4.7 - 1) = 176;$$

$$v_e = 2050 + 176 = 2226;$$

$$I_1 = \frac{2226}{9.81} = 227 \frac{\text{кг сек}}{\text{кг}};$$

Дээрх жишээнээс дүгнэлт хийхэд ашигтай хурд нь гаралтын огтлол дахь v_a хурднаас 8.5% илүү байна.

1.6. Цэнэгийн хэлбэр дүрсийн ерөнхий үзүүлэлт

Пуужингийн хөдөлгүүрийн камерт хий үүсэх үйл явц түлшний бүтэц, цэнэгийн шаталтын гадаргуу зэргээс хамаардаг хатуу түлшний шатах хурдаар тодорхойлогдоно. Хөдөлгүүрийн камер дахь даралт түлшний шаталтын гадаргууг сопло (цорго)-ны огтлолын талбайд харьцуулсан харьцаанаас хамаарна. Хэрэв шатах гадаргуу өсөж байвал шаталтыг идэвхтэй (цэнэгийн хэлбэрийг идэвхтэй) гэнэ. Түүний нэг адилаар идэвхтгүй хэлбэртэй цэнэг буюу шаталтын тогтмол гадаргуутай цэнэг гэж (хэвийн цэнэг) байна. Цэнэгийн идэвхжилийн үзүүлэлт гэж цэнэгийн шатаж байгаа S гадаргууг энэ гадаргууны S_0 анхны хэмжээнд харьцуулсан харьцааг хэлнэ. Цэнэгийн хэлбэрийг зөв сонгох нь даралтын өөрчлөлт, нисэх хэрэгслийн хугацаа, татах хүчтэй холбоотой байна. Хийн даралтын өөрчлөлтийг зөв зохицуулах чухал, хэт ихэсвэл камерын хана тэсвэрлэхгүй, багасвал шаталт тогтворгүй болно. Шаталтын гадаргууг аль болох өөрчлөхөөргүй байвал сайн, ийм гадаргуу нь дотроо сувагтай бүрээсгүй цилиндр хэлбэртэй шахмал цэнэг байна. Зах үзүүрийг бүрнэ Цэнэгийн хэлбэр нь хөдөлгүүрийн камерыг түлшээр дүүргэхээр байна, түлшний ω жинг хөдөлгүүрийн камерийн $W_{\text{кам}}$ эзлэхүүнд харьцуулсан харьцаагаар тодорхойлогдоно:

$$\Delta = \frac{\omega}{W_{\text{кам}}};$$

Хөдөлгүүрийн камерт түлшийг битүү шахах үед дүүргэлтийн нягт түлшний нягттай ойролцоо болдог. Гэвч ийм үед цэнэгийн шаталтын гадаргуу эрс багасна. Камерийг цэнэгээр дүүргэх зэрэг заримдаа камерийн хөндлөн огтлолын дүүргэлтийн итгэлцүүрээр тодорхойлогдоно:

$$\varepsilon_0 = \frac{S_{T0}}{F_{\text{кам}}}; \quad (1.40)$$

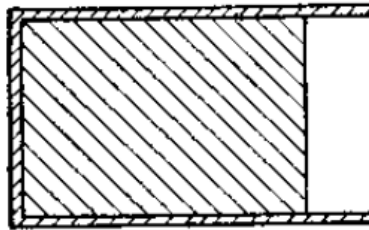
Энд: S_{T0} –цэнэгийн хөндлөн огтлолын анхны талбай;
 $F_{\text{кам}}$ –камерийн хөндлөн огтлолын талбай.

Цэнэгийн хэлбэрийг сонгохдоо ε_0 итгэлцүүрийг нэмэгдүүлэх нь хий чөлөөтэй нэвтрэх талбайг багасгаж, цэнэгийн дагуу түлшний шаталтын бүтээгдэхүүн урсах хурдыг нэмэгдүүлнэ. Энэ нь цэнэг тогтворгүй шатах аюулыг ихэсгэнэ. Дотор сувгийн хэмжээг дараах илэрхийллээр сонгоно:

$$x = \frac{S_0}{R_{\text{своб}}};$$

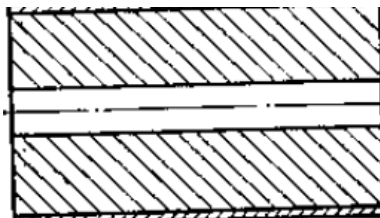
Байвал зохих дээд хэмжээ нь түлшний бүтэц, камер дахь даралтаас хамаарна.

Цэнэгийн хэлбэрийг сонгохдоо анхаарах бас нэг чухал асуудал нь камерын хананы дулааны хамгаалалт юм. Хөдөлгүүрийн их биенд цэнэгийг заавал холбоно. Энэ үед цэнэгийн гадна гадаргуу бүрээслэгдэж шаталт зөвхөн дотор суваг, зах үзүүрээсээ явагдана. Зарим тохиолдолд үзүүр хэсгийг бүрдэг. Битүү саваа хэлбэртэй цэнэг хэрэглэх нь хамгийн сайн, цэнэглэлтийн нягтыг хангадаг. 1.5 дугаар зурагт харуулав.



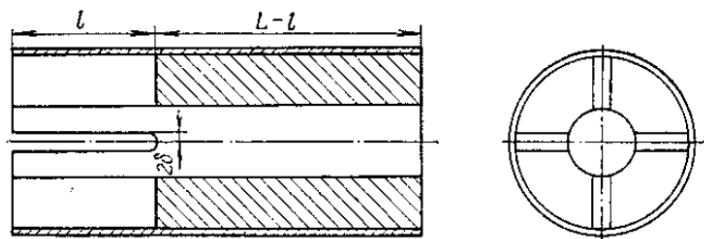
1.5 дугаар зураг. Үзүүрээсээ шатдаг саваа цэнэг.

Гэвч ийм цэнэг шатах бага хурдтай байдаг тул татах хүч багатай, удаан хугацаанд шатах зориулалттай хөдөлгүүрт хэрэглэнэ.



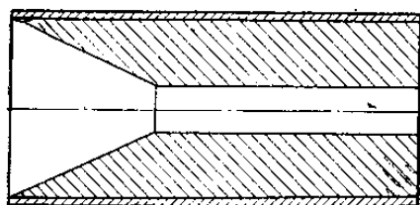
1.6 дугаар зураг. Гадуураа бүрээстэй гуурсан цэнэг.

1.6 дугаар зурагт харуулсан гадуур бүрээстэй дотуур сувагтай цилиндр хэлбэртэй гуурсан цэнэг шаталтын идэвхтэй гадаргуутай шатах үед даралт их өсдөг тул өргөн хэрэглэдэггүй. Гуурсан дарины идэвхжилтийг бууруулахын тулд идэвхгүй гадаргуу үүсгэнэ. 1.7 дугаар зурагт дүрсэлсэн нүхтэй цэнэг хэрэглэнэ.



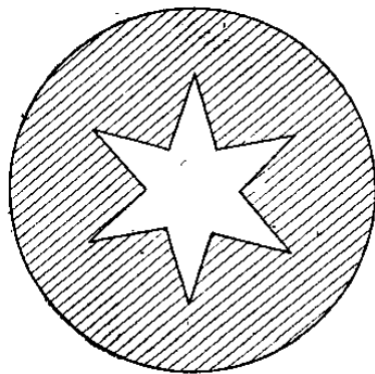
1.7 дугаар зураг. Нүхтэй цэнэг.

Түүнээс гадна бүрээстэй гуурсан цэнэгний идэвхжилтыг зохицуулахын тулд зууван дотор нүхтэй цэнэг хэрэглэж болно. /1.8 дугаар зураг/

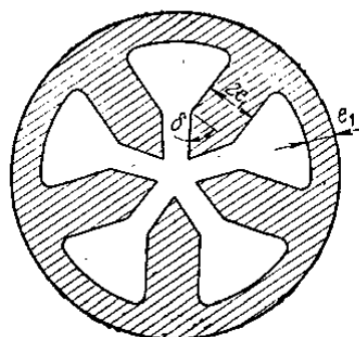


1.8 дугаар зураг. Конустай гуурсан цэнэг.

1.9, 1.10 дугаар зурагт дүрсэлсэн од, вагоны дугуй хэлбэртэй дотор сувагтай цэнэг шаталтын гадаргууг бага зэрэг өөрчилдөг.

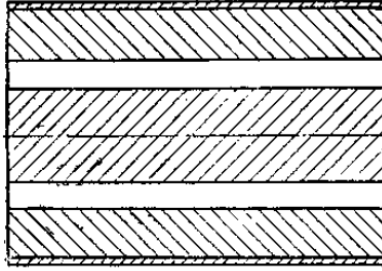


1.9 дугаар зураг. Од хэлбэртэй сувагтай цэнэг.



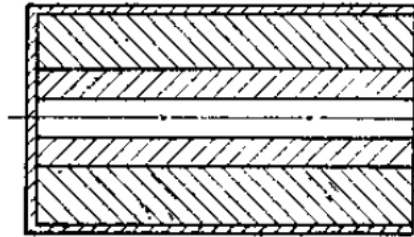
1.10 дугаар зураг. Вагоны дугуй хэлбэртэй цэнэг.

1.11 дүгээр зурагт харуулсан телескоп цэнэг гадуураа бүрээстэй, дотуураа сувагтай, байрлуулахад нэлээд хүнд байдаг.



1.11 дүгээр зураг. Телескоп цэнэг

Цэнэгийн хамгийн гол үзүүлэлт нь түлшний бүтэц, цэнэгийн хэлбэрээс хамаардаг түүний бүрэн шатах хугацаа юм. Гарааны хөдөлгүүр ба танк эсэргүүцэх пуужинд зориулагдсан цэнэг харьцангуй их татах хүч, шатах бага хугацаатай байдаг. Маршийн хөдөлгүүр их хугацаанд шатна.



1.12 дугаар зураг. Шаталтын янз бүрийн хурдтай цэнэг.

Зарим тохиолдолд шаталсан татах хүч гаргах цэнэг шаардлагатай байдаг. Зенитийн пуужингууд их татах хүчтэй гарааны, бага татах хүчтэй маршийн хөдөлгүүртэй.

НЭГДҮГЭЭР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ

Сүүлийн жилүүдэд төрөл бүрийн галт хэрэглэлд өргөн их хэрэглэгдэж байгаа хатуу түлшийг хэдхэн кг татах хүчтэй танк эсэргүүцэх залуурт сумнаас эхлээд тив алгасах далавчит болон сансрын пуужинд ашиглаж байна. Хөөргөхөд байнга бэлэн байдаг, найдвартай ажиллагаатай, хялбар бүтэцтэй, удаан хадгалах бололцоотой, хямд үнэтэй байдаг тул шингэн түлшнээс давуу талтай. Хатуу түлш хувийн жин ихтэй, дулаан сайн ялгаруулдаг, шаталтын бүтээгдэхүүн нь молекул жин багатай бүтэц, бодисын хольц тохирсон зохих хурд, тийрэлтэт хүчийг үүсгэх чадвартай байх ёстой. Орчин үед баллистит ба хольцот нийлмэл хатуу түлшийг гол төлөв ашиглаж байна. Баллистит түлшний хольцонд ордог нитрат целлюлоз, түүний уусгагч нитроглицеринийг 2011-2012 онд бидний хэрэгжүүлсэн улсын төслийн үр дүнд гарган авч үйлдвэрлэх технологийг боловсруулсан. Нитроглицерин нь түлшний бүрэлдэхүүнд байгаа шатагч бодисуудыг исэлдүүлэхэд хангалттай хүрэлцэх их хэмжээний хүчилтөрөгчийг агуулдаг. Нитроглицерин шатах үйл явцыг хангадаг гол бодис тул түүний хэмжээ түлшний илчлэгийг тодорхойлно. Их хэмжээний нитроглицеринтэй баллистит хатуу түлш энергийн өндөр үзүүлэлттэй байдаг, тухайлбал, 43%-ийн нитроглицеринтэй Америкийн түлшний хувийн импульс 215-230 кг сек/кг хүрдэг.

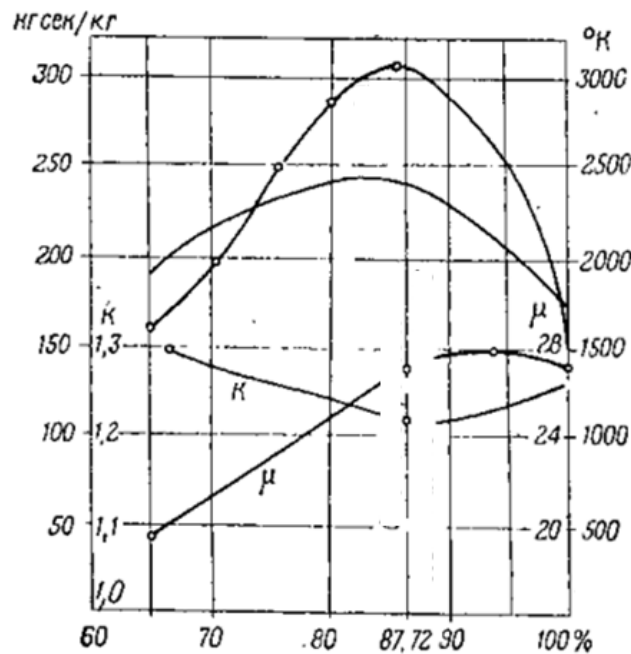
Харин хольцот хатуу түлшийг Монгол орны нөхцөлд гарган авах бололцоотой бөгөөд түүний бүтцэд ордог түүхий эд бодисыг шинжлэн судалж нөөцийг тодорхойлох судалгаа хийлээ. Энэ бүлэгт гадаад орнуудад хэрэглэж байгаа хатуу түлшний бүтцийн судалгааг хийж энергийн үзүүлэлтийг тооцох арга зүйг боловсрууллаа. Хольцот түлшний исэлдүүлэгч, шатагч бодисын тоо хэмжээг өөрчлөн янз бүрийн хүчин чадалтай, үзүүлэлттэй түлш гарган авахдаа харьцааг маш нарийн мөрдөх бөгөөд гол төлөв исэлдүүлэгч нь 80-85 байна. Хатуу түлш шатах үед ялгардаг дулааны энерги буюу илчлэг чанар түүний энергийн үндсэн үзүүлэлт болно. Гол төлөв түүний дулааны хэмжээ буюу илчлэгийг ($Q_{ж}$) тусгай калориметрийн төхөөрөмжинд хатуу түлшийг шатааж дараа нь шаталтын бүтээгдэхүүнийг 18°C (291°K) хэм хүртэл хөргөж (энэ үед усны уур бүрэн гарсан байх ёстой) туршилт хийж тодорхойлох аргыг судалгаандаа хэрэглэсэн. Хувийн импульс ашиглалтын үеийн маш чухал энергийн үзүүлэлт юм. Удаан хугацаагаар шатдаг хөдөлгүүрийн зөвхөн даралтын өөрчлөлтөөс гадна хийн температур, адиабатын үзүүлэлт, түлшний хүч зэргийг харгалзан үзнэ. Энэ нөхцөлд хувийн импульсийн оронд хувийн татах хүч гэсэн ойлголтыг хэрэглэнэ. Энэ нь татах хүчийг секундын зарцуулалтад харьцуулсан харьцаа юм. Тийрэлтэт хүчний хувийн импульс I_1 гэж түлшний нэг кг жинд бүрэн импульсийг харьцуулсан харьцааг хэлнэ. Пуужингийн техникт гол төлөв түлшний хүчийг $f_p = RT_{op}$ томъёогоор тодорхойлдог, өөрөөр хэлбэл, хийн тогтмол температурын хэмжээнээс хамаарах зүй тогтолыг хэлнэ, энэ нь хатуу түлш шатах бүх үе шатыг заана. Бид температурыг тодорхойлдог аргыг дараагийн бүлэгт дэлгэрэнгүй тусгалаа.

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШНИЙ ДОТООД БҮТЦИЙН СУДАЛГАА, ГАРГАЖ АВАХ АРГА, ТЕХНОЛОГИ

2.1. Тийрэлтэт сумны хатуу түлшний бүтэц

2.1.1. Хольцот түлшний бүтэц

Хольцот түлшний исэлдүүлэгч, шатагч бодисын тоо хэмжээг өөрчлөн янз бүрийн хүчин чадалтай, үзүүлэлттэй түлш гарган авахдаа харьцааг маш нарийн мөрдөх бөгөөд гол төлөв исэлдүүлэгч нь 80-85 байна. 2.1 дүгээр зурагт хольцот даринь шаталтын бүдүүвчийг харуулав.



2.1 дүгээр зураг. Исэлдүүлэгчийн хэмжээ-энергийн үзүүлэлтийн хамаарал.

Түлшин дэхь исэлдүүлэгчийн хэмжээг байвал зохих хүрээнд нэмэгдүүлэхэд шатах хэм огцом их өсөж хувийн импульс аажим удаан нэмэгдэж байна. Аммоны перхлорат исэлдүүлэгч, органик шатагч бодис 88:12 харьцаатай үед хувийн импульс дээд хэмжээндээ хүрч байна. Гэвч энэ харьцаа 80:20 үед түлшин дэхь барьцалдуулагч бодисын хэмжээ их бага учраас зохих шаардлага хангасан түлш гарган авах боломжгүй болох нь харагдаж байна. Энэ тохиолдолд хувийн жин ихтэй исэлдүүлэгч хэрэглэж үзүүлэлтийг сайжруулж болно, энд жингийн нэгжээс эзлэхүүний нэгж нөлөөтэй болохыг харж болно. Сүүлийн жилүүдэд хувийн импульсыг нэмэгдүүлэх зорилгоор хөнгөн цагаан, магни, циркони, бериллий, бор, натри зэрэг хөнгөн металлыг холих болсон байна. Түлшинд нунтаг металлыг нэмэлт болгон хэрэглэх нь хатуу түлш үйлдвэрлэх болон пуужинг хөөргөх үед өөрөө асах аюулыг нэмэгдүүлдэг. Хөнгөн цагааны нунтагийн идэвхжилтийг бууруулахын тулд түүнийг бүрэх аргыг хэрэглэж байна.

Хатуу исэлдүүлэгч гол төлөв талст хэлбэртэй минерал бодис байдаг. Ихэнх тохиолдолд кали, аммоны перхлорат, мөн кали, натри, аммоны нитратыг хэрэглэнэ. Зарим тохиолдолд аммоны пикрат мэтийн органик нэгдэлийг хэрэглэнэ.

Исэлдүүлэгчид тавигдах шаардлага нь:

- Идэвхтэй хүчилтөрөгч ихтэй;
- Дулаанаас үл хамааран исэлдэх;
- Физик-химийн тогтвортой байдлыг хангах, чийгэнд бага өртөх;
- Үйлдвэрлэх, ашиглах үед аюулгүй, хоргүй;
- Хатуу түлш үйлдвэрлэх технологийн горимд шатагч бодистой сайн тохирох, өндөр хэмд бат бөх, тэсвэртэй байх зэрэг болно.

Аммоны перхлорат NH_4ClO_4 орчин үеийн хатуу түлшинд их хэрэглэгдэж байна. Ийм түлшний хувийн импульс өндөр 220-250 кг сек/кг. Түлшинд их хольсон үед гарч байгаа хий утаагүй, харин чийглэг агаарт давс (HCl) - тай манан үүсгэнэ³⁸. Харин тогтвортой байдлын үзүүлэлт өндөр биш. Сүүлийн жилүүдэд тогтвортой чанар илүүтэй литийн перхлорат (LiClO_4)-ыг их хэрэглэж байна. Харин энэ нь илүү өндөр өртөг үнэтэй. Калийн перхлорат (KClO_4) буюу хлорын хүчлийн калийг эрт дээр үеэс хэрэглэсээр ирсэн, чөлөөт хүчилтөрөгч ихийг агуулдаг боловч хувийн импульс бага байдаг. $180-220 \frac{\text{кгсек}}{\text{кг}}$ Орчин үед түүнийг аммоны утаагүй бодисоор сольсон. NH_4NO_3 -аммоны нитраттай түлшний хувийн импульс харьцангуй бага байдаг. Литийн нитрат LiNO_3 литийн перхлоратаас хүчилтөрөгчөөр их боловч энэ хүчилтөрөгч нь урвалд ордоггүй, харин үйлдвэрлэхэд аюулгүй байдаг давуу талтай. Органик нэгдэлд ордог аммоны пикрат $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{ONH}_4$ хоёрдугаар зэргийн туслах чанарын исэлдүүлэгчид ордог, хувийн импульс бага. Орчин үед нитроны болон нитрозилийн перхлорат зэрэг их чөлөөт хүчилтөрөгчтэй шинэ исэлдүүлэгчийг хэрэглэх болсон. Мөн их хүчилтөрөгчтэй исэлдүүлэгчид азотын хүчлийн ацил, азотын хүчлийн мочефин хэрэглэх болсон.

³⁸ Arkhipov V.A., Vorozhtsov A.B., Korotkikh A.G. et al. Productions of UltraFine Powders and their Use in High Energetic Compositions // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. – 2003. – V. 28. – № 5. – P. 319–333;

2.2. Шатагч бодис, түүнийг гаргаж авах арга технологи

Тавигдах шаардлага

- Шатах үед их дулаан ялгаруулах чадвартай байх;
- Бүтэцдээ устөрөгч их, нүүрстөрөгч бага байх, энэ нь түлшинд шатагч бодис бага орж их хувийн импульс үүсгэх нөхцөлийг бүрдүүлдэг байх;
- Барьцалдуулах сайн чадвартай байх, түлшний 10-25 хувь нь шатагч барьцуулагч бодис байх;
- Шатагч бодисын хэврэг болох хэм аль болох бага байх зэрэг болно.

Түүнээс гадна практик хэрэглээний үүднээс шатагч барьцалдуулагч бодис /ШББ/ нь шингэн байдалдаа уур үүсэх бага даралттай, буцлах өндөр хэмтэй, царцах бага хэмтэй, халаахгүйгээр эсвэл 20-100^С хэмд өтгөрч зуурмаг болох чадвартай байна. Хатуу түлшинд асфальттай нүүрс устөрөгч, фенол болон целлюлозын давирхай, формальдегид-резин, байгалийн эсвэл хиймэл каучик, полиэтилен зэргийг ШББ болгон хэрэглэнэ. Орчин үеийн полимерноос эпиксид, полиуретин, полиэфирин давирхай, полисульфид каучик, поливинил, полиамид, полибутадиен, полиизобутилен болон янз бүрийн нитрополимерыг хэрэглэж байна. Гальсит хэлбэрийн хатуу түлшинд асфальтан резин, эсвэл асфальтын нефть хэрэглэдэг. Гэвч асфальт тогтвортой байдалд муугаар нөлөөлдөг. Полисульфид каучик-тиокол сайн ШББ болдог. Харин полиуретин тиоколоос илүү сайн тул хувийн импульс өндөртэй, чанар нь сайн түлш гардаг.

2.1. дүгээр хүснэгт

Өндөр илчлэгтэй шатагч бодис агуулсан хатуу түлшний үзүүлэлт

Шатагч барьцалдуулагч бодис	Хувийн жин, кг/дм ³	Шатах хэм, Т ⁰ С	Шатах хурд, $\frac{мм}{сек}$, /70 атм үед/	Хувийн импульс, $\frac{кгсек}{кг}$	
				70-1,0 атм үед	Вакуум Орчинд
Карбоксиль бүлгийн полибутадиен	1,83	3204	7,6-17,8	248÷252	287-292
Полибутадиен-акрилоктрил	1,74	2926	10,2-17,8	239÷243	277-288
Полиуретан	1,77	3537	7,6-17,8	244÷248	282-287

Шатагч бодис идэвхтэй хүчилтөрөгтэй байхад анхаарах нь чухал юм. Жишээлбэл, нитроцеллюлоз суурьтай нитразолыг хөнгөн цагаан ба талстлаг исэлдүүлэгч (NH₄ClO₄) 40:60 хувь хэмжээтэй хольсон түлш нягт, зууралдах чадвар өндөр, бага хэмд уян хатан чанартай, өндөр хэмд бат бөх түлш гардаг.

2.3. Исэлдүүлэгч бодис

Хатуу исэлдүүлэгч гол төлөв талст хэлбэртэй минерал бодис байдаг. Ихэнх тохиолдолд кали, аммоны перхлорат, мөн кали, натри, аммоны нитратыг хэрэглэнэ. Зарим тохиолдолд аммоны пикрат мэтийн органик нэгдэлийг хэрэглэнэ.

Исэлдүүлэгчид тавигдах шаардлага нь:

- Идэвхтэй хүчилтөрөгч ихтэй;
- Дулаанаас үл хамааран исэлдэх;
- Физик-химийн тогтвортой байдлыг хангах, чийгэнд бага өртөх;
- Үйлдвэрлэх, ашиглах үед аюулгүй, хоргүй;
- Хатуу түлш үйлдвэрлэх технологийн горимд шатагч бодистой сайн тохирох, өндөр хэмд бат бөх, тэсвэртэй байх зэрэг болно.

Аммоны перхлорат NH_4ClO_4 орчин үеийн хатуу түлшинд их хэрэглэгдэж байна. Ийм түлшний хувийн импульс өндөр 220-250 кг сек/кг. Түлшинд их хольсон үед гарч байгаа хий утаагүй, харин чийглэг агаарт давс (HCl) - тай манан үүсгэнэ³⁹. Харин тогтвортой байдлын үзүүлэлт өндөр биш. Сүүлийн жилүүдэд тогтвортой чанар илүүтэй литийн перхлорат (LiClO_4)-ыг их хэрэглэж байна. Харин энэ нь илүү өндөр өртөг үнэтэй. Калийн перхлорат (KClO_4) буюу хлорын хүчлийн калийг эрт дээр үеэс хэрэглэсээр ирсэн, чөлөөт хүчилтөрөгч ихийг агуулдаг боловч хувийн импульс бага байдаг.

³⁹ Arkhipov V.A., Vorozhtsov A.B., Korotkikh A.G. et al. Productions of UltraFine Powders and their Use in High Energetic Compositions // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. – 2003. – V. 28. – № 5. – P. 319–333;

2.2 дугаар хүснэгт

Исэлдүүлэгчийн шинж чанар

Бодисын Нэр	Томьёо	Молекулин	Хувийн жин, г/см ³	Хайлах хэм °C	Үүсэх дулаан, ккал моль	Хүчил төрөгч тоо, %	Чөлөөт хүчил төрөгч	Урвал ба задралын бүтээгдэхүүн
Аммоны перхлорат	NH ₄ ClO ₄	117,5	1,95		-69,4÷ -78,3	54,4	34,2	$2NH_4ClO_4 \rightarrow N_2 + 2HCl + 3H_2O + 2.5O_3$
Аммоны нитрат	NH ₄ NO ₃	80,05	1,725		-87,3	60	19,9	$2NH_4NO_3 \rightarrow 4H_2O + 2N_2 + O_2$
Литийн нитрат	LiNO ₃	68,95	2,88	225	-118,5	69,6	34,81	$4LiNO_3 \rightarrow 2Li_2O + 4NO + 3O_2$
Литийн перхлорат	LiClO ₄	106,4	2,43	236	-106,13	60,15	60,1	$LiClO_4 \rightarrow LiCl + 2O_2$
Хлорын хүчлийн кали	KClO ₄	138,55	2,52	610	-99,24	46,2	46,2	$KClO_4 \rightarrow KCl + 2O_2$
Калийн нитрат	KNO ₃	101,1	2,11	334	-117,76	47,4	23,7	$4KNO_3 \rightarrow 2K_2O + 4NO + 3O_2$
Натрийн нитрат	NaNO ₃	85,01	2,26	307	-106,6	56,4	28,2	$4NaNO_3 \rightarrow 2Na_2O + 4NO + 3O_3$
Азотын хүчлийн лити	LiNO ₃	68,95	2,38	–	-115,3	58,01	–	–
Нитрозил перхлорат	2NOCIO ₄	–	–	–	–	–	62,1	–
Нитроний перхлорат	NO ₂ ClO ₄	–	–	–	–	–	66,7	–

2.4. Барьцалдуулагч бодис, технологийн нэмэгдэлүүд

Тийрэлтэт сумны хатуу түлшний барьцалдуулагч бодис нь хольцны бодисуудыг хооронд нь сайн холбож нэгэн жигд бүтэцтэй болгон бат бөх чанарыг нэмэгдүүлэх үүрэгтэй их төлөв органик нийлэг бодисууд байдаг, мөн давхар шатагч бодисын үүргийг гүйцэтгэнэ. Тухайн бодис нь хольцот хатуу түлшний үйлдвэрлэлийн технологийг тодорхойлохоос гадна түүний физик механик шинж чанар, хэрэглэх температурын хүрээ хязгаарыг тогтоож, энергийн болон баллистик үзүүлэлтүүдэд нөлөөлнө. Байгалийн болон хиймэл өндөр молекултай химийн нэгдэл, тухайлбал, натурал ба хиймэл каучик, давирхай, асфальт битум, полиэфир, эпоксид давирхай, полисульфид каучик-тиокол, полиуретин, карбоксиль, гидроксиль бүлгийн полибутадиен, акрилийн хүчил зэргийг хэрэглэдэг. Барьцалдуулагч бодисыг зөв сонгосоноор хатуу түлшний үйлдвэрлэлийн технологи зохих горимын дагуу явагдаж түлшний бат бөх чанар хангагдана.

Полимер сүлжээнд суурилсан барьцалдуулагч холбогч бодис нь бат бөх чанартай хатуу түлш хийх нөхцлийг бүрдүүлдэг дээд зэргийн механик шинж чанартай бөгөөд хөндлөн холбоос нь хэлбэрийн тогтвортой байдал, хагарал, хоосон зай үүсэхээс хамгаалахаас гадна шатагч бодисын үүрэг гүйцэтгэдэг. Барьцалдуулагчийн хэмжээг шатаах камерын хэмжээгээр тодорхойлно. Хатуу түлшийг асаах үед хошуугаар ялгардаг шаталтын бүтээгдэхүүн үүсдэг. Тухайн тийрэтэт суманд шаардагдах түлхэлтийн хүчийг үүсгэх зорилгоор илүү их энергийн үзүүлэлттэй эрч хүчтэй материалын найрлагатай хольц, бодис эсвэл тэдгээрийн шаталтын хурдыг өөрчлөх замаар, жишээлбэл, цоргоны геометрийг өөрчлөх замаар өөрчилж болно. Эрт үеийн идэвхгүй холбогч бодисууд нь өндөр концентрацитай калийн перхлоратын асфальттай холилдсон хольц байв.

Холбогч барьцалдуулагч бодисонд ашигладаг полимерийн шилэн шилжилтийн температурыг хэт өсгөсөнөөс аморф хэлбэрийн полимерт шилжин түлшний дотор хоосон зай их хэмжээгээр үүсч түүний чанарыг муутгадаг үйл явц үүсдэг сөрөг талтай тул түүнийг тохируулж сонгох шаардлагатай.

Сүүлийн жилүүдэд пуужингийн үйлдвэрлэлд төрөл бүрийн сайжруулж бөхжүүлсэн хуванцар ашиглаж байна. Эдгээр материал нь хувийн өндөр бат бөх чанартай дулааны физик болон технологийн илүү чанартай. Бөхжүүлсэн хуванцарын төрөлд шилэн ба кварц утас, асбест хэрэглэж байна. Орчин үед энэ төрөлд хиймэл графит гарган авч ашиглаж байна. Барьцалдуулагч бодисоор эпоксид ба фенолын давирхайг хэрэглэдэг. Материалын хамгийн сайн бат бөх чанар нь дүүргэгч ба барьцалдуулагч бодисны харьцааг 70:30 үед хангаж байна.

Их биеийг үйлдвэрлэхэд сүлжих аргыг хэрэглэдэг. Тодорхой өнцгөөр байрлуулсан хүрээнд барьцалдуулагч бодисыг дэвтээсэн шилэн утсаа хэд хэдэн үеэр ороож түүнийг зууханд хийж удаан хугацааны халаалт өгнө. Үүний үр дүнд барьцалдуулагч бодис нийлэгжиж материал зохих механик шинж чанартай болно. Гадаадын хэвлэлийн мэдээллээр Минетмен пуужингийн нэгдүгээр шатлалын хуванцар их 35%-иар хямд бөгөөд $\sigma_s = 152 \text{ кг/мм}^2$ үзүүлэлттэй өндөр чанарын гангаар үйлдвэрлэсэн их биенээс 25% хөнгөн байна.

2.5. Орчин үеийн хатуу түлш

Хольцот хатуу түлш хатуу шатагч, исэлдүүлэгч бодисоос бүрдэнэ. Орчин үед олон төрлийн исэлдүүлэгч бодисыг хэрэглэж байна. Нэлээд их хэрэглэж байгаа исэлдүүлэгчид

Перхлорат: аммоны (NH_4ClO_4), литийн (LiClO_4), калийн (KClO_4);

- нитрат: калийн (KNO_3), аммоны (NH_4NO_3) болон бусад;
- аммоны динитрамид ($\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$).

Шатагч бодис:

- Металл ба тэдгээрийн хайлш (хөнгөн цагаан, магни, лити, бериллий), металлын гидридууд;
- Полимер ба давирхайнууд(полиэтилен, полиуретан, полибутадиен, каучик, битум);
- Бусад бодис, жишээлбэл полисульфид, бор, нүүрстөрөгч;
- АНУ-ын болон хэд хэдэн төрлийн хольцтой түлшний бүтэц, зарим технологийн үзүүлэлтүүдийг дараах хүснэгтэд тусгалаа⁴⁰.

2.3 дугаар хүснэгт

Төрөл бүрийн хольцтой түлшний үзүүлэлт

Бодисын нэр	АНУ	1	2	3	4	5	6	7	8
Аммоны перхлорат	72	69,75	64,75	59,75	54,75	49,75	39,75	49,75	61,6
Хөнгөн цагааны нунтаг	10	15	15	15	15	15	15	15	5
Эпоксид давирхай	0,55	2	2	2	2	2	2	2	1
Полибутадиен	9,6								
Молибдены исэл	1								
Оксамид	4								
Диоктиладицин	2,85								
Диоктилосбацин		2	2	2	2	2	2	2	1
Диэтилферроцен		1	1	1	1	1	1	1	2
Дивинилкаучик		10	10	10	10	10	10	10	9
Хар тугалганы исэл		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Лецитин		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Гексоген		0	5	10	15	20	30		20
Октоген								20	
Детонацийн диаметр, мм	1000	1000	290	68	60	40	15	60	35
Детонац үүсгэх даралт, ГПа	7,0	7,0	7,0	5,2	2,6	2,0	1,4	4,4	2,0

⁴⁰ Патент США 3984265, МПК С 06 D 5/06, опубл. 05.10.76 (прототип)

Үрэлт мэдрэх чадвар, кг см/см	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Зууралдах чадвар, 60 С, пуаз	9500	7100	6900	6800	6700	6700	7300	8500	8700

Орчин үеийн хатуу түлштэй хөдөлгүүрт аммоны перхлоратыг хөнгөн цагаан, каучиктай хэрэглэж байна. Зарим тохиолдолд каучикийн оронд хадгалалтын хугацааг нэмэгдүүлэх, хатуулга чанарыг сайжруулах зорилгоор полиуретаныг хэрэглэдэг, гэвч энэ нь үйлдвэрлэхэд төвөгтэй хүнд. Хөнгөн цагаан исэлдэх урвалын дулаан дамжуулах өндөр чадвартай тул дулааны энергийн гол эх үүсвэр болгон ашиглана. Гэвч хатуу түлштэй пуужингийн хөдөлгүүрээс гарахдаа хөнгөн цагааны ислийн буцлах температур их өндөр тул цоргоор хий тэлэх үед хатуу бодис болдог сөрөг талтай. Тийм учраас хий үүсгэх үндсэн эх үүсвэр полимер барьцалдуулагч бодис болно.

ХХТ-ний шаталтын бүтээгдэхүүнд хатуу биет үүсэх нь тийрэлтэт хийн урсгалын дотоод үрэлтийг нэмэгдүүлж улмаар пуужингийн хөдөлгүүрийн ашигт үйлийн итгэлцүүрийг бууруулна. Тийм хөдөлгүүрийн хувийн импульс 250-280 ккал/сек байдаг. Өндөр хүчин чадалтай зарим цэргийн хэрэгсэлд аммоны перхлоратын оронд аммоны динитрамидыг хэрэглэсэн нь хувийн импульсыг эрс нэмэгдүүлсэн. Гэвч энэ нь маш их үнэтэйгээс гадна үйлдвэрлэх явцад нэлээд аюултай. ХХТ-ний энергийн хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх зорилгоор цэргийн зориулалттай нэлээд олон төрлийн зенитийн удирдлагат пуужин, тив хоорондын болон агаарын байлдааны удирдлагат пуужин зэрэгт хатуу түлшинд октогенийг нэмж хэрэглэдэг, энэ нь ашиглалтын шинж чанарт муугаар нөлөөлөх боловч хувийн татах хүч, импульсыг нэмэгдүүлэх бололцоо өгч байна.

ХОЁРДУГААР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ

Хольцот хатуу түлш исэлдүүлэгч, шатагч ба барьцалдуулагч бодисоос бүрдэнэ. Хольцот хатуу түлшний исэлдүүлэгчид аммоны, литийн, калийн перхлоратууд, калийн, аммоны болон бусад нитратууд, аммоны динитрамидыг гол төлөв хэрэглэж байна. Манай орны нөхцөлд хлорт бодисууд тохиромжгүй тул нитратуудыг хэрэглэх нь илүү үр дүнтэй, учир нь тэдгээрийг манайд гарган авах түүхий эд элбэгтэй, бага оврын тийрэлтэт суманд хэрэглэх бололцоотой юм. Үүний өмнө манай багийн хэрэгжүүлсэн улсын төслүүдэд бодисыг нитратжуулах, нитратуудыг гарган авах арга, технологийг дэлгэрэнгүй тусгасан тул хатуу түлшний исэлдүүлэгч бодисоор нитратыг сонгох нь зүйтэй гэж үзлээ. Тийрэлтэт сумны хатуу түлшний шатагч бодис нь зохих энергийг үүсгэхэд чухал үүрэгтэй, зөв сайн шаталт явагдах орчинг бий болгож, зарим тохиолдолд барьцалдуулагч холбогч бодисын үүргийг хамт гүйцэтгэдэг. Монгол орны ашигт малтмал, байгалийн баялгийн судалгаанаас харахад манай улсад байгаа нөөц, бусад үйлдвэрийн ашиглалтын

Олон улсын туршлага, өөрийн орны нөхцөл байдал, багаж тоног төхөөрөмж, лаборатор, нөөц бололцооноос хамааран дараах аргаар хольцот түлшийг үйлдвэрлэх нь зүйтэй гэж үзэж байна. Эхний шатанд исэлдүүлэгчийг бэлтгэнэ. Түүнийг жижиглэж хатаана. Дараа нь шатагч барьцалдуулагч бодисыг бэлтгэнэ. Полимер болон сэргээн исэлдүүлэгч бодис, нийлэгжүүлэгчээ холино. Исэлдүүлэгчээ энэ хольцтой, шатагч-барьцалдуулагч бодисоо бусад хатуу металлын нунтаг, шаталтыг идэвхжүүлэгч, химийн тогтвортой байдлыг хангадаг бодистой холино. Шатагч-барьцалдуулагч ба исэлдүүлэгч зуурмагаа эргэлтийн бага хурдтай ротортой холигчид хийж эргүүлэн холино. Дараа нь бэлэн болсон зуурсан түлшээ шууд хөдөлгүүрт юүлнэ. Эсвэл урьдчилан наалдахаас хамгаалсан тусгай хэвэнд цутгаж болно. Шахмал түлшээ 45-70⁰ С дулаантай камерт тодорхой хугацаанд байлгана. Цэнэг том тусам удаан бэхжүүлэх хэрэгтэй.

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. ТИЙРЭЛТЭТ СУМНЫ ХАТУУ ТҮЛШ ҮЙЛДВЭРЛЭХ ТЕХНОЛОГИ

3.1. Бага оврын хольцот хатуу түлш үйлдвэрлэх арга

ОХУ-ын ПАТЕНТ 2258057С2

Бага оврын хольцот хатуу түлш үйлдвэрлэхэд зориулагдана. Ийм цэнэгийг гол төлөв бага оврын удирдлагатай пуужингийн байлдааны чанарыг дээшлүүлэх, задран дэлбэлэх үйлчилгээг хүчтэй болгож, цэнэгийн шаталтаас үүсдэг үлдэгдэл хатуу биетийг тэсэлж ашигт үйлийн итгэлцүүрийг нэмэгдүүлнэ. 50...200 мм диаметртэй тактикийн болон оператив-тактикийн пуужингийн цэнэг хийхэд мөн ашиглаж болно. Байлдааны зэвсэг, техникийн хамгаалах хэрэгсэл жилээс жилд сайжирч байгаа тул газар, агаарын пуужингийн задран дэлбэлэх үйлчилгээ, хөнөөлийн хүчин чадлыг сайжруулах, целийг эрэх, танин мэдэх, чиглүүлэх ажиллагааг боловсронгуй болгох зорилт тулгарч байна. Орчин үед ихэнх тохиолдолд пуужингийн толгойн хэсгийн тэсрэх бодисын хэмжээ, түүний хүчин чадал, тэсрэлтийн энергийн хүчээр целийг хөнөөж байна. Гэвч пуужинг цельд хүргэсэн дарин цэнэг, түлшний энергийг дутуу ашиглаж байгаа тул дээрх судалгаа үүнд чиглэж байна. Пуужингийн хатуу түлшний үлдэгдлийн тэсрэх чадварыг ашиглан хөнөөлийн үр дүнг дээшлүүлэх судалгаа, туршилтын ажил дэлхийн улс орнуудад хийгдэж байна. Тухайлбал, АНУ-д хийгдсэн судалгааны үр дүнд гарган авсан түлшний бүтэц:

Аммоны перхлорат	72,0...83,0
Хөнгөн цагааны нунтаг	5,0...10,0
Барьцалдуулагч бодис (полибутадиен карбоксилтай эпоксид давирхай) . .	12,0...14,0
Амина төрлийн бөхжүүлэгч (оксамид)	2,0...4,0
Идэвхжүүлэгч	0,5...1,0
Диоксиладипин	2,0...3,0

(Патент США 3984265, МПК⁴ С 06 D 5/06, опубл. 05.10.76)

Судалгааны үндсэн дээр түлшний хольцонд хүчтэй тэсрэх бодис - гексоген или октоген, лецитин и диэтилферроцен зэргийг нэмж оруулсанаар зохих үр дүнд хүрсэн байна.

Түүний бүтэц:

Хөнгөн цагааны нунтаг	5,0...15,0
Эпоксид давирхай	1,0...3,5
Дивинилнитрильный каучук карбоксиль бүлэгтэй	7,0-10,0
Хар тугалганы исэл	0,2...0,5
Диокотилсебацин	1,0...3,0
Диэтилферроцен	0,5...2,0
Гексоген эсвэл октоген	15...35
Лецитин	0,05...0,20
Аммоны перхлорат	үлдсэн нь

ПХХТ –нд гексоген эсвэл октогеныг 15 ... 35 % нэмсэнээр детонацийн хүчин чадлыг нэмэгдүүлэхийн зэрэгцээ ашиглалтын үед пуужингийн тэсрэлтийн аюулгүй байдлыг бүрэн хангана. Ийм түлшийг «Стингер», «Стрела» зэрэг удирдлагат пуужинд хэрэглэдэг.

Илүү хүчтэй энергитэй пуужинд октогентой түлшийг хэрэглэнэ.
Аюулгүй ажиллагаа нь гол технологийн шаардлага байдаг бага оврын пуужинд дараах түлшийг хэрэглэнэ.

Түүний бүтэц:

Хөнгөн цагаан	11,9-15
Эпоксид давирхай	1,9-2
Дивинилнитрил каучук карбоксиль бүлэгтэй	9,9-10
Хар тугалганы исэл	0,2
Диоктилсебацинат	2
Диэтилферроцен	0,2
Лецитин	0,05
Гексоген	20
Аммоны перхлорат	үлдсэн нь

Энэ түлшийг цутгах аргаар үйлдвэрлэнэ. Детонацийг найдвартай өдөөхөөр түлшний бүтэц, хувь хэмжээг тохируулах хэрэгтэй, түүний детонац өдөөх даралт 1,9-2,1 ГПа, детонацийн цухалдах диаметр 25-30 мм байх ёстой. Ийм түлшийг хэрэглэсэнээр зенитийн удирдлагат пуужин, зөөврийн зенит пуужингийн цогцолбор болон бусад удирдлагат пуужингийн хөнөөх үйлчилгээг түлшний цэнэгийн шатаагүй үлдсэн хэсгийг дэлбэлэх замаар эрс сайжруулна. Түлшний үлдэгдлийг дэлбэлэх нь өндөр үр ашигтай байдаг, тухайлбал, пуужингийн байлдааны хэсгийн цэнэгийн жингээс тротилын эквивалент 2,3 дахин их, хөнөөх радиус 1,2-2,5 дахин их, эвдрэл үүсгэх зэрэг нэмэгдэнэ.

Үйлдвэрлэл

Бодисын стандартыг нягт мөрдөх хэрэгтэй. Дараах стандартад нийцсэн бодисыг хэрэглэнэ. Үүнд: аммоны перхлорат ГОСТ 84-942-82, эпоксид давирхай ГОСТ 10587-93, хөнгөн цагааны нунтаг АСД-4 ТУ 48-5-226-87, хар тугалганы исэл ГОСТ 9199-78, диэтилферроцен ТУ 6-02-593-75, диоктилсебацинат ГОСТ 8728-88, дивинилнитрил каучук карбоксиль бүлэгтэй (СКН-10КТР) ТУ 003124-80, лецитин ГОСТ 14922-77, гексоген ГОСТ В 20395-76 и октоген ГОСТ В 842151-84.

Аммоны перхлорат 2 төрөл: том хэсэгтэй 160 ... 315 мкм (60 ... 80% хэмжээтэй) ба жижиг 50 мкм (20 ... 40% орно). Хар тугалганы ислийг урьдчилан 10 ... 50 мкм хэмжээтэй болтол жижиглэнэ.

Диэтилферроцен, диоктилсебацинат, гексоген и октоген урьчилсан бэлтгэл шаардахгүй.

Эхлээд тусгай реакторт каучик, эпоксид давирхай, диоктилсебацин, диэтил-ферроцен, лецитинийг холино. Холигч реакторт $55\pm 5^{\circ}\text{C}$ технологийн

температурт хутгаж холино. Жишээлбэл 3 дугаар хольцоор 1 кг түлш бэлтгэхэд: 100 г каучук, 20 г эпоксид давирхай, 20 диоктилсебацин, 10 г диэтилферроцен, 0,5 г лецитинийг авна. Нэгэн жигд бүтэцтэй болтол хутгана, далавчтай реакторт 0,5 ... 2 цаг, хөндий реакторт 3 цагаас доошгүй хугацаанд хутгана. $60\pm 5^\circ\text{C}$ хүртэл халсан энэ хольцонд эхлээд хөнгөн цагааны нунтаг, дараа нь аммоны перхлорат, хар тугалганы исэл, гексоген или октогентой хольцыг дэс дараалан хийж тухай бүр 0,5 цагаас доошгүй хугацаанд сайтар хутгана. Гарган авсан түлшээ хөргөхгүйгээр чөлөөт цутгалтын аргаар хэвэнд юүлнэ. $80\pm 5^\circ\text{C}$ температурт 5-10 хоног хатаах камерт бөхжүүлнэ.

3.2. Баллистит хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи

Энэ аргыг ОХУ-ын полимер материалын эрдэм шинжилгээ судалгааны хүрээлэнд Г.В. Куценко, Н.Г.Ибрагимов нарын 10 хүний бүрэлдэхүүнтэй баг боловсруулж патентыг авсан байна. Бүтээл нь пуужин-артиллерийн зэвсэглэлд, хатуу түлшний цэнэг бэлтгэхэд чиглэнэ. Баллистит түлшний үйлдвэрлэх технологи боловсруулах, хувь хэмжээг тогтоох, туршилтын болон артиллерийн систем ба пуужингийн цэнэгийг олноор үйлдвэрлэхэд хэрэглэгдэнэ. Нитроэфирийг бэлтгэж бодисуудыг холих, дараагийн шатны үйлдвэрлэл явуулах аргыг боловсруулсан байна. Нитро холимогийг Шпегелийн аппаратаар бэлтгэж, 20 л бага багтаамжтай холигчоор хольж тасралтгүй ажиллагаатай барзгар гадаргуутай голоор түлшийг элдэж үрэл шахмал болгох аргаар хийхийн хамтаар шурагтай шахуургаар цэнэгийг шахсан⁴¹, үйлдвэрлэлийн бүтээмжийг нэмэгдүүлэхийн тулд 2-3 Шпегелийн аппарат хэрэглэжээ. Баллистит хатуу түлш үйлдвэрлэх RU 2259341 C1, RU 2300513 C2, US 4080411 A зэрэг нэлээд олон патентыг судалж энэ аргыг боловсруулжээ. Дээрх аргууд нь өндөр хүчин чадалтай, нарийн технологээр цэнэг бэлтгэх ажиллагааг тусгасан. Гэвч тийм нүсэр технологи, багаж тоног төхөөрөмжөөр бага оврын цэнэг түлш үйлдвэрлэхэд тохиромжгүй юм. Тухайлбал, хэд хэдхэн граммаас 0,5 ... 5,0 кг хүртэл жинтэй, хэдэн мм-ээс 150 ... 800 мм урттай, 3 мм-ээс 60 мм калибртай цөөхөн тоотой цэнэг, жишээлбэл, нисгэгчийг аврах катапультын сандалын, том пуужингийн шатлалын угсрааг гаргах, бүхээгний хийн генераторын цэнэг зэрэг орно. Үр ашиггүйгээс гадна түлшний шаталтын хурд, температурын горимын шаардлагыг хангадаггүй.

$$\alpha_T = \frac{1}{U} \frac{\partial U}{\partial T}$$

T- цэнэгийн анхны температур.

Түүнээс гадна орчин үед бага бүтээмжтэй багаж, аппарат байхгүй, гол төлөв олон тонны үйлдвэрлэл явуулахад зориулагдсан байдаг. Нитроэфирийн бүтэц:

Нитроглицерин, тринитрат глицерин, эсвэл диэтиленгликольдинитрат, мөн диэтилендинитратнитрамин зэрэг бодисыг дангаар буюу эсвэл хамтад нь хэрэглэнэ. Нэмэлтээр динитротолуол, эсвэл, дибутилфталат, химийн тогтвортой

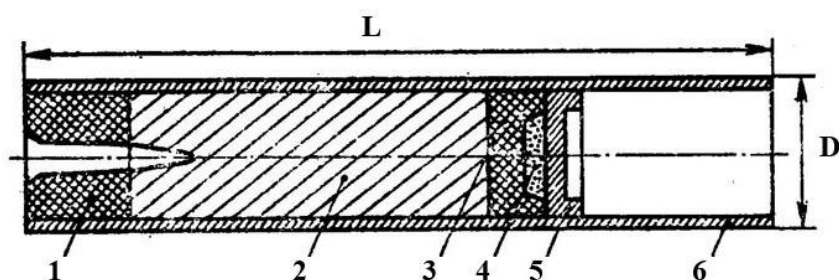
⁴¹ Смирнов Л.А. «Оборудование для производства порохов по шнековой технологии и зарядов из них». М.: МГАХТ, 1997, стр.41-74.

байдлыг хангах бодис зэргийг нэмнэ. Шпегелийн аппаратаар түлшээ бэлтгэж хольсоны дараа зуурмагаа шахаж, элдээд үрэл болгон үрлээ хатааж шурагтай шахуургаар шахаж зохих хэлбэрт оруулна. ПО-125 загварын шахуургаар 6 ... 15 % чийгтэй болгоно.

3.3. Загварын пуужингийн пиротехникийн хатуу түлш

Бүтэц зохион байгууламж

Загварын пуужингийн хөдөлгүүр нь химийн хэлбэрийн дулааны тийрэлтэт хөдөлгүүр юм. Пуужингийн хатуу түлшний шатах дулааны энергийг кинетик энергит шилжүүлнэ. Шаталтаас үүссэн хийн бүтээгдэхүүн цоргоноос гарахдаа Ньютоны III хуулийн дагуу тийрэлтэт хүч үүсгэнэ.



3.1 дүгээр зураг. Загварын пуужингийн хөдөлгүүр.

1-цорго, 2-пуужингийн хатуу түлш, 3-удаашруулагч, 4-шидэх цэнэг, 5-бөглөө, 6-их бие D-гадаад диаметр, мм, L-урт, мм.

Пуужингийн хөдөлгүүрийн татах хүчийг дараах томъёогоор олно.

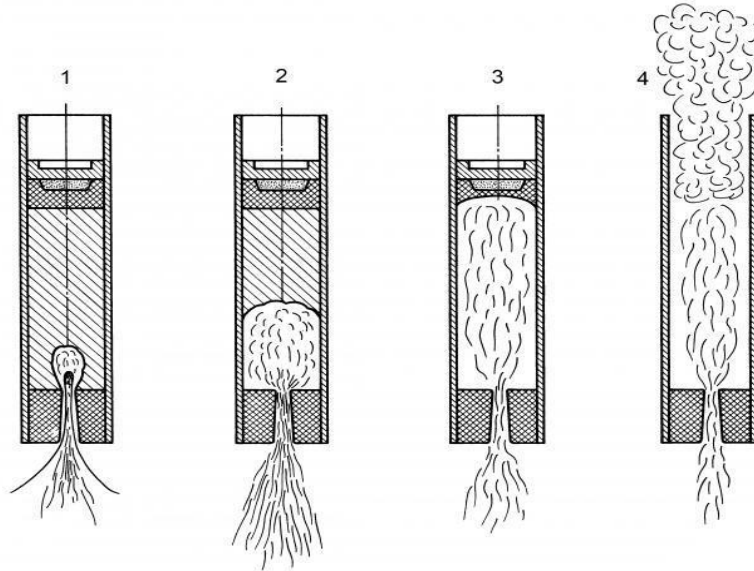
$$P = mV_a + F_a(p_a - p_h)$$

P-хөдөлгүүрийн татах хүч, Н;

m-цоргоор секундэд гарах шаталтын бүтээгдэхүүний жин, кг/с;

V_a , F_a , P_a - цоргоор гарах үеийн хурд, талбай, даралт.

P_h -гадна орчны даралт, Па.



3.2 дугаар зураг. ЗПХ ажиллах үе шат.

1-р үе-асаах үе, асаагуурын гал хатуу түлшийг асаана.

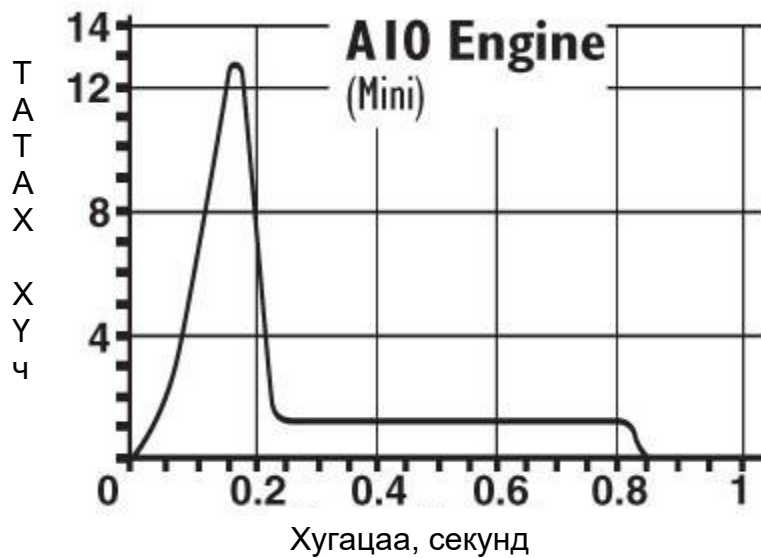
2-р үе-түлш шатаж, дулаан ялгаруулан, өндөр температур бүхий шаталтын бүтээгдэхүүн үүсгэнэ. Энэ нь асар их хурдтайгаар соплоогоор гарч тийрэлтэт хүч үүсгэнэ. /идэвхитэй хэсэг/

3-р үе-түлш удаашруулагчыг асааж, даялалын идэвхгүй хэсгийн хугацааг зохицуулна.

4-р үе-удаашруулагч шидэгч цэнэгийг асааж загварын пуужингийн их биенээс системийг гаргана.

Хөдөлгүүрийн үзүүлэлт

- Хөдөлгүүрийн геометр хэмжээс дотоод диаметр буюу калибр (D) их биений урт L орно.
- Хөдөлгүүрийн татах хүчний бүрэн импульс энергийн хэмжээг тодорхойлно. н.с нэгжээр хэмжинэ. Нислэгийн даялалын идэвхитэй хэсгийн төгсгөлд пуужингийн хурдыг тооцох бололцоо олгоно.
- Хөдөлгүүрийн татах хүч- хэмжих нэгж ньютон. Хувьсах хэмжигдэхүүн юм. Эстес А-10 хөдөлгүүрийн татах хүчний өөрчлөлтийн бүдүүвчийг зурагт үзүүлэв.



3.3 дугаар зураг. Хөдөлгүүрийн татах хүч хугацааны хамаарал

Хөдөлгүүр ажиллах эхэнд татах хүч эрс өснө. Түүний нөлөөгөөр загварын пуужин чиглүүлэгчээс гарч хөөрнө. Дараа нь татах хүч тогтмол болно.

Хөдөлгүүрийн дундаж татах хүч

Хөдөлгүүр ажиллах үеийн бүрэн импульсийг хугацаанд хувааж тодорхойлно. Мөн адил ньютон нэгжээр тооцно. Хөдөлгүүрийн тооцоог хийхдээ энэ хэмжигдэхүүнийг ашиглана. Дундаж татах хүч- пуужингийн жинд шууд хамааралтай. Хэрэв дундаж татах хүч – пуужингийн гарааны жинтэй тэнцүү бол пуужин хөөрөхгүй. Хөөргөхийн тулд дундаж татах хүчийг жинд харьцуулсан харьцаа 1-ээс их байна.

Хөдөлгүүрийн ажиллах хугацаа - хөдөлгүүрийн үндсэн цэнэг шатах хугацаан дээр удаашруулагч шатах хугацааг нэмж тооцно. Эхнийх - нислэгийн идэвхтэй хэсгийн үргэлжлэх хугацааг дараагийнх нь идэвхигүй хэсгийн хугацаа юм, идэвхитэй хэсэгт тийрэлтэт хүч үүснэ. Идэвхигүй хэсэгт инерцээрээ ажиллана.

- Цэнэглэсэн хөдөлгүүрийн жин- үүнд гарааны жин орно.
- Түлшний жин зэргээр тодорхойлно.

МРД загварын пуужин

Хөдөлгүүрийн марк	Гадна диаметр, мм	Урт, мм	Хөдөлгүүрийн жин, г	Түлшний жин, г	Хамгийн их импульс, Н·с	Хамгийн их татах хүч, Н	Дундаж татах хүч, Н	Ажиллах хугацаа, с	Удаашруулагчийн шатах хугацаа, с
МРД – 2,5-3-0	13	55	6–7	2,5	2,5	11	3	0,7	0
МРД – 2,5-3-3	13	55	6–7	2,5	2,5	11	3	0,7	3
МРД – 2,5-3-6	13	55	6–7	2,5	2,5	11	3	0,7	6
МРД – 5-3-0	13	55	9,5–11	5	5	11	3	1,4	0
МРД – 5-3-3	13	55	9,5–11	5	5	11	3	1,4	3
МРД – 5-3-6	13	55	9,5–11	5	5	11	3	1,4	6
МРД – 5-8-0	18,6	70	17–19	5	5	18	8	0,6	0
МРД – 5-8-4	18,6	70	17–19	5	5	18	8	0,6	4
МРД – 10-8-0	18,6	70	23–25	12	10	18	8	1,3	0
МРД – 10-8-4	18,6	70	23–25	12	10	18	8	1,3	4
МРД – 10-8-7	18,6	70	23–25	12	10	18	8	1,3	7
МРД – 10-10-0	20,25	70	25–27	12	10	25	10	1,0	0
МРД – 10-10-4	20,25	70	25–27	12	10	25	10	1,0	4
МРД – 10-10-7	20,25	70	25–27	12	10	25	10	1,0	7
МРД – 20-10-0	20,25	85	37–40	25	20	25	10	2,5	0
МРД – 20-10-4	20,25	85	37–40	25	20	25	10	2,5	4
МРД – 20-10-7	20,25	85	37–40	25	20	25	10	2,5	7

Хөдөлгүүрийн марклал МРД 2,5-3,0–МРД 20-10 хүртэл байна. Сүүлчийн тоо нь удаашруулагчийн шатах хугацаа. МРД 20-10-7 марклалын хөдөлгүүрийн гадаад диаметр 20,25, урт 85 жин 37-40г, түлшний жин 25г, нийт татах импульс 20Н·с, хамгийн их татах хүч, дундаж татах хүч 10Н, түлшний шатах хугацаа-2,0, удаашруулагчийнх-7с байна. МРД 20-10-0 загвар удаашруулагчгүй. МРД-модельные ракетные двигатели- загварын пуужингийн хөдөлгүүр гэсэн үг. Бүтэц:

- Бат бөх цаасан бие;
- Сопло;
- Хатуу түлшний цэнэг;
- Удаашруулагч;
- Түлхэн гаргагч цэнэг. (шидэх цэнэг)

3.1 дүгээр зурагт харуулав. Түлш шатах үед үүсэх хий соплоогоор гарах үед татах хүч үүснэ. Өөрөө хэлбэл, удаашруулагч ассаны дараа загварын нислэгийг ажиглах бололцоо олгодог утаан зам үүснэ. Удаашруулагч шатаж дууссаны дараа түлхэгч цэнэг асч, загварын системийг ажиллагаанд оруулна. Хөдөлгүүрийг хөөргөх нь зайн ажиллагаатай хөөргөгч сууринаас 10м зайнд ажиллана.

Пуужингийн хөдөлгүүрийг асаахын тулд пиротехникийн бодис түрхсэн 0,2-0,3мм диаметртай нихром утсаар хийсэн асаагуурыг хэрэглэнэ. Цахилгаан гүйдлээр утас халах үед пиротехникийн бодис асч, хөдөлгүүрийн хатуу түлшин цэнэгийг асаана. Түлхэгч цэнэг ажиллах үед хөдөлгүүрийг мултрахаас сэргийлж түүнийг загварт бат бөх найдвартай бөхлөх хэрэгтэй. (Үүний тулд “Аго” цавуугаар сайн наасан фиксатор ашиглана).

Хөдөлгүүрийг пуужинд байрлуулахын өмнө түүнд үзлэг хийнэ. Зарим үед их биений дагуу гадна талд түлшийг шатах үед хэвнээс үүсдэг 3 ховил байдаг. Хэрэв ховил 1-1.5мм өргөнтэй байвал тийм хөдөлгүүрийг ашиглаж болохгүй. Учир нь ховил дагуу их бие задарч болзошгүй. Их биен дээр хөндлөн зураас ховил үүсэн байж болно. Нэн ялангуяа сопло орчим үүсч болно. Тийм хөдөлгүүрийг ашиглаж болохгүй. Дээрхээс гадна шидэх цэнэг байгаа эсэхийг шалгана. Бөглөөг зүү буюу хавчигчаар татаж нээж хар.

Хөөргөх үеийн аюулгүйн арга хэмжээ

Хөдөлгүүрийг хөөргөхийн тулд зөвхөн асаагуур хэрэглэнэ. Тэгэхдээ соплогийн сувагт тавьж түүнийг бэхэлнэ. Ямарч тохиолдолд түүнийг сопло руу цохиж, шахаж болохгүй. Хөдөлгүүр дэлбэрч болзошгүй. Хөдөлгүүрийг хөөргөхдөө зөвхөн пуужинтай хамт буюу эсвэл тусгайлан төхөөрөмжилсөн суурь дээрээс гүйцэтгэнэ. Хэрэв гацаа үүсвэл хөдөлгүүрт 1 минут өнгөрөхөөс өмнө ойртож болохгүй. Пуужинг зөвхөн хөөргөгч төхөөрөмжнөөс хөөргөнө. Энэ нь 1м-ээс доошгүй урттай чиглүүлэгчтэй буюу чиглүүлэгч шилбэтэй байна.

Чиглүүлэгч шилбэний босоо тэнхлэгээс хазайх өнцөг 30° аас илүү байж болохгүй. Нүдийг гэмтээхгүйн тулд шилбэний дээд үзүүр газраас 1.5м-ээс доошгүй зайтай байна. Пуужин хөөргөх талбай эргэн тойрон 1.0м радиуст хуурай өвс, хялбар асах шатах материал байж болохгүй. Өгөгдөн даялалаар пуужин нисэх нэг гол нөхцөл нь түүний тогтвортой байдал, өөрөөр хэлбэл гадны элдэв хүчний нөлөөгөөр даялалаас хазайх үед буцаж даялалдаа орж байх чадвар юм. Аэродинамикийн тогтвортой байдал хүндийн төв (ЦТ), даралтын төв (ЦД) хоёрын харилцан байрлалаас хамаарна. Хэрэв ЦТ ЦД-ийн ард байрлавал аэродинамикийн хүчнүүд давших өнцгийг нэмэгдүүлдэг хүчийг үүсгэнэ. Ийм пуужин нисэх үедээ тогтворгүй байна. Хэрэв ЦТ ЦД-ийн өмнө байрлавал тогтвортой. ЦД ЦТ-ээс хол байх тусам

тогтворжилт илүү байна. ЦД-ээс ЦТ хүртэлх зайг пуужингийн уртад харьцуулсан харьцааг тогтворжилтын нөөц гэнэ. Энэ нь 5-15% байна.

Нисэх загварын пуужингийн хөдөлгүүр

Нисэх загварын пуужингийн хөдөлгүүр хонгио, шахмал түлш, гэрэлт удаашруулагч зэргээс бүрдэнэ. Жишээ үзье.



3.4 дүгээр зураг. Хонгио, түлш, гэрэлт удаашруулагч.

12 калибрын ангийн сумны стандарт цаасан хонгио хэрэглэгдэнэ. Хэрэв ажиллаж байгаа хөдөлгүүрийн гадна талын гадаргуу дээр бараан толбо байвал хонгионы хананы зузааныг нэмэгдүүлэх хэрэгтэй. Үүнийг хийхийн тулд хонгионы дотор талын гадаргууг ямар нэгэн лакаар эсвэл будгаар сайн будна. Дараа нь хонгиог цавуунд дүрж гаргаад илүүдэл цавууг тосч унагаасаны дараа төмөр торон дээр соплоогоор доош харуулж хатаахаар тавина. Соплоог бөглөрүүлэхгүйн тулд ажиглаж байх хэрэгтэй.

Бүх цавуу болон лакууд хонгионд сайн тохирдоггүй. Жишээ нь ПВА цавуу нь хонгионоос хэтэрхий амархан салдаг, тийм учраас цавуудсан удаашруулагч нь муу баригддаг. Энэ нөхцөлд хонгиог бүхэлд нь цавуудахгүй .

Шахмал түлш



3.5 дугаар зураг. Түлш хийх материал.

Түлшний диаметр 17 мм, урт нь 30 мм, сувгийн диаметр 5,7 мм, жин- 11,0-11,3 гр. Гадна диаметрыг ихэсгэж болохгүй, сувгийн диаметр 5,5-6,0 мм байж болно. Түлшний уртыг 35 мм хүртэл сунгаж болно. Харин энэ үед нийлбэр түлхэц буюу импульс нь зөвшөөрөгдсөн 10Н/с бага зэрэг хэтрэнэ.

Шашкийн цутгалтанд 25 мм хүртэл багасгасан хонгио хэрэглэгдэнэ. Үүн дотор 40-297 мм хэмжээтэй хуульсан хавтгай цаас тавигдана. Цаасан дээр тэмдэг тавигдах бөгөөд шингэн хэлбэрт байгаа түлш 65 мм урт зурвасыг шүргэж байна. Мөн шингэн түлшийг цаасанд шингээхгүйн тулд цаасны гадаргууг скочоор бүрхсэн байна. Хонгионы хананд цаас жигд наалдаж өгнө. Хонгионы доод ёроолд зоос тавигдана, дараа нь шайба.... Скочоор ороогоод үүнтэй зэрэгцээд шайбыг тосолж болно. Энэ нь шайбанд наалдахаас хамгаална. Хонгионы хананд цаасыг зоос болон шайба шахаж өгнө. Шайбны гадна диаметр 17 мм, нүхний диаметр 0,1-0,2 мм буюу голоос том байна. Гол нь сувгийг хэлбэржүүлэхэд хэрэглэгдэнэ.

Гол нь металлаар хийгдэнэ. Яагаад гэвэл дараа нь цутгасан түлшнээс татаж гаргахад хүнд байдаг. Тийм учраас зарим хуванцар их хэмжээний хүчийг тэсвэрлэхгүй. Голыг зузаан бус нимгэн тосоор тослох хэрэгтэй.



3.6 дугаар зураг. Түлш хийх хэрэгсэл.

Багасгасан 12 калибрын хонгиог 40-65 мм ватман хуудсаар, зоос болон бөглөөсийг нимгэн картоноор бэлтгэнэ. Ватман цаасан дээр шингэн түлшийг хийх хэмжээг тавьж өгнө. Гэрэлтүүлэгчийн урт нь удаашруулагчийн шаардлагатай хугацаанаас хамаарч сонгоно. Гэрэлтүүлэгч нь үндсэн түлшний шашектай хамт шатаж эхлэнэ.



3.7 дугаар зураг. Түлш цутгах сав.

Баруун талын зурган дээр байгаа шиг цаасыг хэлбэрт оруулахын тулд бөөрөнхий голоор зөөлөн дарна.



3.8 дугаар зураг. Бэлтгэл ажлын бүдүүвч.

Ватман цаасыг хэлбэрт оруулсаны дараа хонгионы ёроолд зоос тавьж, дараа нь картон бөглөөгөөр чигжинэ.



3.9 дүгээр зураг. Түлшний гэр.

Түлшний зуурмаг

Түлш бэлтгэх нь аюултай. Түлшийг калийн шүү, сорбит гэсэн 2 бодисоор хийнэ. Хамгийн зохистой харьцаа 65-35. Эхлээд 2 бодисоо сайн хатаана. Дараа нь нунтаглан хольж, 120-130С хэмд хайлуулна. Халбаганы тусламжтай түлшийг бэлтгэсэн бэлдэц рүү хийхэд тохиромжтой байдаг.

Тэмдэглэгээ хүртэл шингэн түлш хийгдсэн байх ба түлшинд хийхэд жижиг бөмбөлөг үүсэхгүй байхыг хянах хэрэгтэй.



3.10 дугаар зураг. Шингэн түлш.

Бэлдэцийг дүүргэсэний дараа шахмал түлшинд голыг байрлуулана, харин өмнө нь түүнийг тосолсон байна. Гол нь ёроолд байгаа шайбны нүхийг онох ёстой. Үүний дараа голны дээгүүр дахин нэг шайбыг өмсгөнө, тэр нь түүнийг түлшний гадаргууд шахна. Үүнийг голны гадуур өмсгөсөн хоолойн тусламжтай хийхэд тохиромжтой. Энэ үйлдлийг бэлдэц бүрийг дүүргэсэний дараа хийх хэрэгтэй. Гэрэлтүүлэгчийн бэлдэцийг дүүргэсэний дараа хонгионы дээд хэсэгт ямар нэгэн бөөрөнхий хөндлөвч тавих хэрэгтэй.

10.11 дүгээр зурагны зүүн талд байгаа нь гэрэлтүүлэгчийн бэлдэцийг дүүргэсэн байдал, баруун талд түлш байна. Хэрэв агаарын чийгшил 55%-с их байвал энэ бүгдийг бэлдэцийг дүүргэсэний дараа шууд герметик уутанд хийнэ. Харин чийгшил бага байвал ил орчинд байлгаж болно.

8-12 цагийн дараа голыг түлш хагас хатуурсан үед гаргах хэрэгтэй. Үүнийг цагт нь хийж чадахгүй бол дараа нь гаргаж авах боломжгүй болно. Зуурмагийг бэлдэц рүү хийж эхэлсэнээс эхлэн 2 хоногт түлш болон гэрэлтүүлэгч бүрэн хатсан байна. Шахмал түлш болон гэрэлтүүлэгчийг ямар нэгэн зүйлээр шахаж гаргасаны дараа хонгионоос гарган цаасыг авна.



3.11 дүгээр зураг. Цутгасан түлш, гэрэлтүүлэгч.

Түлшний гадаргуу заримдаа скочноос болоод чийгтэй байдаг. Энэ үед сальфеткаар арчина. Ихэнхдээ түлшний жин 11-11,3 гр байдаг. Харин энэ жиндээ хүрэхгүй байгаа бол зуурмаганд хийн бөмбөлөг байгаа гэсэн үг. Ийм түлшийг дахин хайлуулалт руу буцаана.

Хэрэв шашкууд хэтэрхий урт болсон бол тэдгээрийг төмрийн хөрөөгөөр багасгаж болно.



3.12 дугаар зураг. Бэлэн болсон шашек.

Гэрэлтүүлэгчийг мөн адил шалгаж, жинлэнэ.

Хөдөлгүүрийг угсрах арга

Хонгионд ямар нэгэн цохигдсон болон гэмтэлтэй зүйл байх ёсгүй бөгөөд сайтар шалгаж хэрэгтэй. Дараа нь хонгионы амсарын гадагш эрлүүлэх бөгөөд энэ нь шашик болон гэрэлтүүлэгчийг хийх явцад садаа болохгүй байх хэрэгтэй.



3.13 дугаар зураг. Түлш, гэрэлтүүлэгч.

Асаагуур нь хоёр талтай 5-80 мм хэмжээтэй. Түүнийг түлшний сувагт тавина, төгсгөлийн чөлөөт хэсгийн гадна тал руу нугалагдаж хонгионы төгсгөлийн ёроол хүртэл тавигдана.



3.14 дүгээр зураг. Асаагуурыг тавих байдал.

3.4. АНУ-д хатуу түлш үйлдвэрлэдэг судалгаа

1. Удиртгал

Хатуу нийлмэл түлш нь цэргийн зэвсэг, пуужингийн эрчим хүчний материал болгон ашигладаг өндөр дүүргэлттэй эластомер юм. Бүх тактикийн (жишээ нь, байлдааны талбарт) пуужингууд нь ямар нэг хэлбэрээр хатуу түлш хэрэглэдэг. Нийлмэл түлш нь ихэвчлэн нитроцеллюлоз (NC) ба нитроглицеринээс бүрдэх, галт зэвсэг, цэнэг хийхэд ашиглагдана⁴².

Пуужингийн хатуу түлшний давуу талууд нь:

1. Үйлдвэрлэлийн өндөр хурдтай системд засвар үйлчилгээний зардал, хэмнэлт хийхэд чухал ач холбогдолтой энгийн байдал;
2. Хадгалалтын тогтвортой байдал, ашиглалтын хугацаа нь 30 жил хүртэл байж болно;
3. Болзошгүй тэсрэлтийг эсэргүүцэх өндөр чадвартай;
4. Тэдгээрийн энгийн байдал, химийн тогтвортой байдалтай холбоотой найдвартай байдал;
5. Хөөргөх үеийн массын урсгалын өндөр хурд, улмаар тийрэлтийн хүч өндөр, түлхэлт (хөдөлгөөний хүч) нь пуужингийн эхний үе шатанд тавигдах шаардлага бөгөөд эдгээр нь бүгд хатуу түлшний өдөөгч ашигладаг.

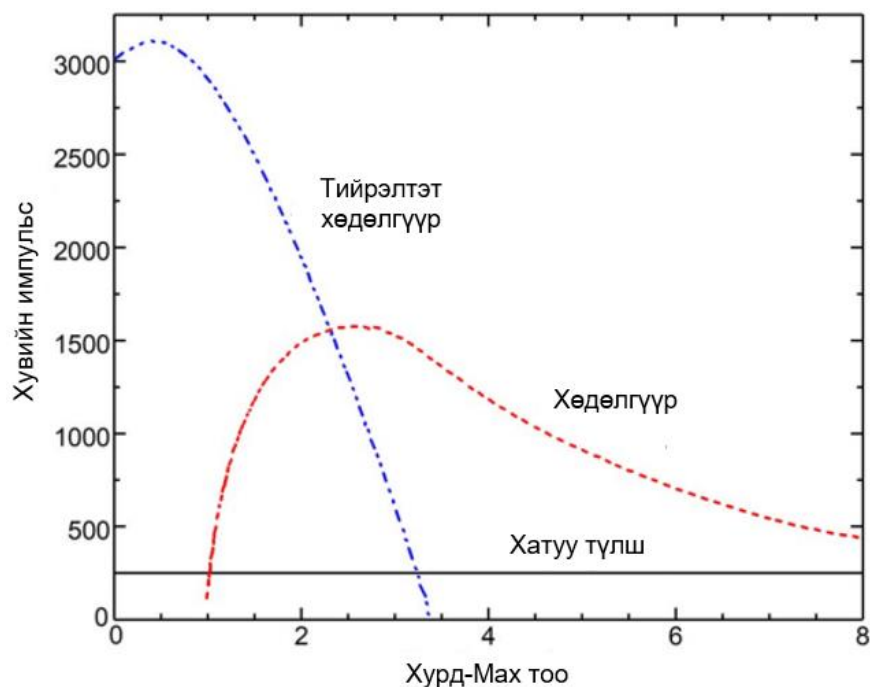
Хатуу түлшний хоёр сул тал нь шаардлагатай үед тийрэлтийн хүчийг өөрчлөхөд бэрхшээлтэй байдаг (жишээлбэл, хатуу түлшний пуужингуудыг эхлүүлэх-зогсоох горимд тохируулж эсвэл ажиллуулах боломжгүй) болон шингэн түлштэй хөдөлгүүртэй харьцуулахад харьцангуй бага хувийн импульс (түлшний нэгж жинд ногдох түлхэлтийн хугацааны интеграл) I_{sp} нь юм. Эдгээр нь хиймэл дагуулууд болон сансрын датчикуудыг хөдөлгөх гол арга болгон ашиглахыг хориглодог боловч хатуу түлштэй пуужингийн хөдөлгүүр (ХТПХ) нь өдөөгчөөр хэрэглэгдсэн удаан хугацааны түүхтэй. Тэднийг мөн агаарын хөлөгт хурдан эсвэл хэт ачаалалтай үед хөөргөх тийрэлтэт хөдөлгүүртэй нислэгэнд (ТХН) ашигладаг. Гулсагчтай хийсэн анхны туршилтууд нь 1920-иод оноос эхлэлтэй бөгөөд ХТПХ-ийг Дэлхийн 2-р дайны үед богино хөөрч буух зурвас ашигладаг нисэх онгоцууд болон энгийн пуужинд зориулж ТХН-д зориулан бүтээжээ.

Пуужингийн түлш нь бусад түлшнээс хүчилтөрөгчийн гадны эх үүсвэр шаарддаггүй гэдгээрээ ялгаатай; исэлдүүлэгч нь түлшний бүрэлдэхүүн хэсэг юм. ХТПХ нь пуужингийн хөдөлгүүрт хамгийн өргөн хэрэглэгддэг хөдөлгүүр юм. Пуужин ихэвчлэн шингэн түлш хэрэглэдэг боловч хатуу түлшээр ажилладаг хөдөлгүүр нь хязгаарлагдмал хэрэглээтэй байдаг. Хөдөлгүүр онгоцонд хүчилтөрөгчийг хүрээлэн буй агаар мандлаас авчирдаг⁴³. Хөдөлгүүрүүдийн нэг хувилбар бол агаарын хурдыг нэмэгдүүлэхийн тулд компрессор ашиглан дууны хурдтай ажиллах боломжийг

⁴² D. C. Sayles, RUBBER CHEM. TECHNOL. 39, 112 (1996).

⁴³ R. S. Fry, J. Prop. Power 20, 27 (2004).

олгодог тийрэлтэт хөдөлгүүр юм. Холимог пуужингийн хөдөлгүүр нь хатуу болон шингэн түлшийг хослуулсан бөгөөд ердийн ХТПХ-д байхгүй тохируулагч болон асаах-зогсоох чадварыг хангадаг⁴⁴. Бусад системд голчлон сансрын хэрэглээнд ашигладаг шингэн түлш, асар их эрчим хүчний нягтрал, хамгийн том тусгай импульсийг санал болгодог цөмийн хөдөлгүүрүүд багтдаг. Цөмийн системүүд нь зөвхөн газрын гадарга дээрх хөлөг онгоц, шумбагч онгоцоор хязгаарлагдаж байсан ч сүүлийн үед цөмийн хөдөлгүүрт пуужин болон усан доорх нисгэгчгүй онгоцны тухай батлагдаагүй мэдэгдлүүд гарах болсон⁴⁵



3.15 дугаар зураг. Хувийн импульс пуужингийн хурдны хамаарал

Идэвхгүй холбогч ашигладаг хөдөлгөгч системийн гүйцэтгэлийг 3.15-р зурагт (реф 6-аас тохируулсан) харьцуулсан бөгөөд энэ нь пуужингийн хурдтай харьцуулах тодорхой импульсийн утгыг харуулж байна. Хувийн импульс нь моторын үр ашгийн хэмжүүр бөгөөд хатуу түлшний хувьд энэ нь шатаах камерын даралт, цорго тэлэлтийн хурд, орчны даралт зэрэг үйл ажиллагааны нөхцлөөс хамаарна. Хатуу түлшний I_{sp} нь гал асаахаас хэдхэн миллисекундын дотор тогтмол болдог.

⁴⁴ L. Galfetti, M. Boiocchi, C. Paravan, E. Toson, A. Sossi, F. Maggi, G. Colombo, and L. T. DeLuca, "Hybrid Combustion Studies on Regression Rate Enhancement and Transient Ballistic Response," in Chemical Rocket Propulsion: A Comprehensive Survey of Energetic Materials, L. T. DeLuca, T. Shimada, V. P. Sinditskii, and M. Calabro, Eds., Springer, New York, 2017.

⁴⁵ J. Trevithick, "Russia Releases Videos Offering an Unprecedented Look at Its Six New Super Weapons," July 19, 2018, www.thedrive.com/the-war-zone/22270/russia-releases-videos-offering-an-unprecedented-look-at-its-six-new-superweapons.

2. Түүх

МЭ 1-р мянганы үед хамаарах хамгийн эртний химийн тэсрэх бодисууд нь дарь ("хар нунтаг"), калийн нитрат (догшин шүү), хүхэр, модны нүүрс (эсвэл ховорхон нүүрс) зэрэгт суурилсан байв. Салют хийхэд ашиглаж байсан (Хятадын "галын эм") бууны дарь нь тогтворгүй шаталт үүсгэсэн хагарал, нүх гаргахгүйгээр их хэмжээгээр шахахад хүндрэлтэй байсан тул үр шиг, дунд зэргийн түлшний хэмжээтэй байсан. Хэдийгээр энэ түүх хуурамч байж магадгүй ч анхны сансрын нисгэгч хатуу түлш ашигласан гэж үздэг (Зураг 3.16).



3.16 дугаар зураг. Хатуу түлштэй анхны пуужингийн туршилт

(Зөвлөлтийн болон Америкийн анхны сансрын нисгэгчдийн пуужин хөөргөх машинууд нь шингэн түлш хөдөлгүүрээр ажилладаг байсан.) 19-р зууны сүүлчээр гарсан томоохон дэвшил бол NC нитроцеллюлоз - нитроглицерин ба/эсвэл нитрогуанидин дээр суурилсан "утаагүй нунтаг"-ыг бүтээх явдал байв.

Энэ нэр томъёо нь шаталтын бүтээгдэхүүний дунд тоосонцор, улмаар утааны агууламж багатай байна гэдгээс үүдэлтэй. Утаагүй нунтагны тогтвортой байдал, найдвартай байдлыг сайжруулахад чиглэсэн олон бүтээн байгуулалт өрнөв. АНУ-аас гадна утаагүй нунтагийг энгийн түлш гэж нэрлэдэг бөгөөд энэ нь Ballistite, Cordite зэрэг өмчлөлийн хувилбаруудын ерөнхий нэр томъёо юм.

Одоогийн байдлаар хатуу түлшийг иргэний болон цэргийн олон пуужин хөөргөх системд ашигладаг⁴⁶ нь шингэн түлштэй харьцуулахад аюулгүй байдал, найдвартай байдал нь өндөр байдаг. Эртний пуужин зөөгчийн хэмжээ харьцангуй бага байсан (30 кг); Харьцуулбал, сансрын хөлөг дээрх зөөгч бүр 500 000 кг хатуу түлштэй байв. Хүч ба жингийн харьцаа нь тээврийн хэрэгслийн хурдатгалын чадварыг илэрхийлдэг хэмжээсгүй хэмжигдэхүүн юм. Хатуу түлшээр ажилладаг пуужингийн хувьд энэ нь 100-аас хэтэрч болох бөгөөд энэ нь дуунаас хурдан

⁴⁶ C. E. Carr, A. Neri, and R. E. Black, *Aerospace Am.* 54, 59 (2016).

сөнөөгч онгоцныхоос хоёр дахин их юм. Хамгийн том ХТПХ нь НАСА-гийн Сансрын хөөргөх систем (SLS) дээрх хоёр пуужин байв. Өргөгч тус бүр секундэд зургаан тонн поли(бутадиен-акрилонитрил)/аммонийн перхлорат (AP) түлшийг шатааж, нийлээд хамгийн их хүч нь бараг 40 МН хүрсэн.

SLS-ийн загварт гурван нэмэлт ХТПХ систем багтсан: уналтын мотор, таслах систем, хандлагыг хянах мотор. Хатуу түлшний хөдөлгүүрийг зөөгч болон буцах пуужин болгон ашигладаг бусад системд (хурдшуулах, эргүүлэхэд ашигладаг) Atlas V ба Delta IV дунд пуужин орно. Хатуу түлш нь Aegis, Patriot пуужин, Minuteman III ICBM зэрэг пуужингийн довтолгооноос хамгаалах системд үндсэн тийрэлтэт систем болдог. Европын арилжааны пуужин хөөргөгч Ariane болон Vega нь хэд хэдэн хатуу пуужин өргөгч ашигладаг.

3.2 дугаар хүснэгт

Исэлдүүлэгчийн шинж чанар

Исэлдүүлэгчийн нэр	AP	AN	RDX	HMX	CL-20	AND	HNF
Молекул жин, Da	118	80	222	296	438	124	183
Нягт, г/мл	1,95	1,72	1,81	1,91	2,04	1,81	1,86
Үүсэх дулаан, кДж/г	-2,51	-4,95	0,325	0,28	0,85	-1,21	-0,39
Хүчилтөрөгчийн тэнцвэр, %	34	20	-22	-22	-11	26	13
Цохилтыг мэдрэх чадвар, см	15	>49	7,5	7,4	2,5	3,7	3
Үрэлтийн мэдрэх чадвар, N	>100	350	120	120	124	>350	20

Хатуу түлшний хамгийн түгээмэл хэрэглээ бол автомашины аюулгүйн дэр боловч түлш нь нийлмэл эсвэл полимер биш юм. Натрийн азидын холимог, нитрогуанидин, тетра- ба триазол зэрэг олон төрлийн нэгдлүүдийг ашигладаг. Хурдатгал, цохилт, дугуйны хурд гэх мэтийг хянадаг янз бүрийн мэдрэгчүүдийн хариуд түлшний цахилгаан шаталт нь агаарын дэрийг дүүргэх хий үүсгэдэг. Машины цохилтоос бүрэн ашиглалтад орох хүртэлх хугацаа 0.1 секундээс бага байна. Автомашины үйлдвэрлэлийн түүхэн дэх хамгийн том дэвшил нь аммонийн нитратыг (AN) түлш болгон ашигласан үед тохиолдсон. Чийг, халуунд өртөх нь AN-ийг тогтворгүй болгож, дараагийн хариу үйлдэл нь хэт хурдан явагддаг. Аюулгүйн дэрийг дүүргэхийн оронд хийн хурдацтай хувьсал нь дэр агуулсан ган хайрцгийг эвддэг. АНУ-ын 70 сая орчим тээврийн хэрэгсэл эргүүлэн татахад хүрсэн бөгөөд дэлхий даяар 20 гаруй хүн аюулгүйн дэрний эвдрэлээс болж нас барсан байна.

3. ХТПХ-ийн дотоод аэродинамик

Түлшийг асаах, тогтворжсон горимд ажиллах, түлш дууссаны дараа ажиллах ажиллагааг урьдчилан таамаглах зорилгоор ХТПХ-ийн дотоод аэродинамикийн үнэн зөв тодорхойлолтыг боловсруулахад ихээхэн хүчин чармайлт гаргадаг. Ялангуяа даралт нь цаг хугацааны явцад хүчтэй өөрчлөгддөг тогтворгүй горимд шаталтын камерын доторх урсгалын нарийвчилсан дүн шинжилгээ хийх

шаардлагатай. Ашиглалтын ихэнх цагийг эзэлдэг тогтвортой шаталтын үед ч түлшний шаталтын хурдад даралт, температур, хийн урсгалын хурд нөлөөлж болно. Чухал асуудал бол хөдөлгүүрийн тогтвортой байдал, даралт ба түлхэлтийн хамаарал, шаталтын бүтээгдэхүүний хурд юм. Хими нь нарийн төвөгтэй бөгөөд 3000 К-ээс хэтрэх температурт, 5 МПа хүртэл өндөр даралттай (том хөөргөх пуужингийн хувьд) явагддаг урвалуудыг хамардаг. Нислэгийн явцад шаталтын талбай харилцан адилгүй байдаг тул термодинамик нөхцөл байнга өөрчлөгддөг.

3.3 дугаар хүснэгт

Хатуу түлшний бүтэц

Бодисын нэр	Хэмжээ, %
Полимер	8-10
Изоцианат	1-2
Хуванцаржуулагч	2-10
Исэлдүүлэгч	60-85
Металл	0-20
Холбох бодис	1
Шатаах хурд өөрчлөгч	1
Антиоксидант	0,1
Катализатор	0,1

Эдгээр нөхцлийн ноцтой байдал нь шаталтын камерын доторх нарийвчилсан хэмжилтийг хориглодог; ихэвчлэн зөвхөн гарах даралт байдаг. Загварчлал нь тооцооллын ихээхэн хугацааг хамардаг бөгөөд оролтын өгөгдлийн нарийвчлал, урсгалын хөдөлгөөн, металл бодис хоорондын харилцан үйлчлэл, түлшний тогтворгүй шаталт, хөдөлгүүрийн эд ангиудын чичиргээ гэх мэт нөлөөллийн талаарх тодорхойгүй байдлаас болж хүнд болдог. Эдгээр шалтгааны улмаас хөдөлгүүрийн дизайныг оновчтой болгох зорилготой тооцоолол нь хагас эмпирик бөгөөд ховор тохиолдолд тоон үзүүлэлтээр нотлогддог.

4. Хатуу түлшт пуужингийн үйлдвэрлэл

Пуужин нь массыг гадагшлуулах замаар хурдасгах хүчийг (түлхэлтийг) олж авдаг төхөөрөмж эсвэл тээврийн хэрэгсэл гэж тодорхойлдог. Хатуухан хэлэхэд пуужин бол араасаа пуужингаар түлхэгдэн хөдөлдөг тийрэлтэт сум (missile)-наас ялгаатай. ХТПХ-ийн чухал бүрэлдэхүүн хэсгүүд нь шаталтын камер ба түүний гарах (цорго), түлшийг асаагч, пуужингийн түлш юм. Ихэвчлэн түлш нь полимер холбогч болон металл нунтаг агуулсан түлшинд суулгасан исэлдүүлэгч хэсгүүдээс (жишээлбэл, AP эсвэл AN) бүрддэг. Хөнгөн цагаан зэрэг хөнгөн металлыг ашигладаг; тэдгээрийн үүрэг нь холбогч бодисын шаталтын түвшинг нэмэгдүүлэх явдал юм⁴⁷. Түлшийг бүрдүүлэгч хэсгүүдийг үрэл гэж нэрлэдэг. Практикт ихэнх хатуу түлш нь шатаахад исэлдүүлэгч шаардлагатай полимер болох энергигүй холбогч бодисыг ашигладаг.

⁴⁷ A. Davis, Comb. Flame 7, 359 (1963).

Одоогийн байдлаар хамгийн алдартай органик бус исэлдүүлэгч бол AP (Ammonium perchlorate) юм. Энэ нь бүрэн хийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэдэг бөгөөд энэ нь калийн нитрат, калийн перхлоратаас давуу тал юм. AN нь AP-ийн альтернатив хувилбар боловч эрч хүч багатай бөгөөд шатах хурд багатай байдаг⁴⁸. AP эсвэл аммонийн динитрамидын (ADN) AN зэрэг хос исэлдүүлэгч системүүд нь хувийн импульсийг сайжруулж, HCl-ийн үйлдвэрлэлийг бууруулах зэрэг давуу талуудыг санал болгодог⁴⁹. Түлштэй холбоотой төрөл бүрийн исэлдүүлэгчдийн шинж чанарыг I.13-р хүснэгтэд харьцуулсан болно.

Исэлдүүлэгчийн хэрэглээ нь нийлмэл түлшийг NC гэх мэт байгалийн энергитэй материалаас ялгадаг⁵⁰. Уламжлалт эрчим хүчний холбогч нь тодорхой моторын хэрэглээнд шаардлагатай бүтцийн нэгдмэл байдлыг хангаж чадахгүй бол полиуретан, полиэфир зэрэг идэвхгүй полимерүүдийг реактив бүлгүүдийг нэвтрүүлэх замаар эрч хүчтэй болгох боломжтой⁵¹.

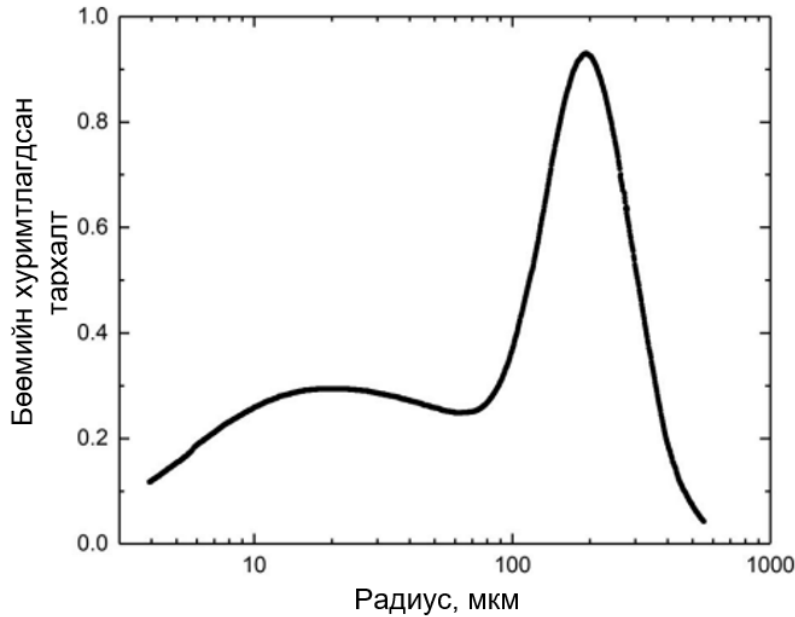
Полимер сүлжээнд суурилсан холбогч нь дээд зэргийн механик шинж чанартай бөгөөд хөндлөн холбоос нь хэлбэрийн тогтвортой байдал, хагарал, хоосон зай үүсэхийг эсэргүүцэхийн зэрэгцээ шатагч бодисын үүрэг гүйцэтгэдэг. Барьцалдуулагчийн хэмжээг шатаах камерын хэмжээгээр тодорхойлно. Түлшийг асаах үед хошуугаар ялгардаг шаталтын бүтээгдэхүүн үүсдэг. Өгөгдсөн моторын хүчийг эрч хүчтэй материалын найрлага эсвэл тэдгээрийн шаталтын хурдыг өөрчлөх замаар, жишээлбэл, цоргоны геометрийг өөрчлөх замаар өөрчилж болно. Эрт үеийн идэвхгүй холбогч бодисууд нь өндөр концентрацитай калийн перхлоратын асфальттай холилдсон хольц байв (доорх хэлэлцүүлгийг үзнэ үү). Механик шинж чанар нь муу байсан бөгөөд эдгээрийг бүхэлд нь полимер сүлжээнд суурилсан найрлагаар сольсон бөгөөд ихэвчлэн үйл ажиллагааны эцсийн бүлэг бүхий полибутадиен юм. Жишээ нь гидроксил төгсгөлтэй полибутадиен (НТРВ) бөгөөд энэ нь изоцианат эсвэл эпоксидтой урвалд орж сүлжээ үүсгэдэг. Сүлжээ үүссэний дараа үлдэгдэл полимерийн уусдаг фракцыг хангахын тулд загвараар хөндлөн холбох бодис нь ихэвчлэн стехиометрийн түвшингээс доогуур байдаг.

⁴⁸ C. Oommen and S. R. Jain, *J. Haz. Matl.* A67, 253 (1999).

⁴⁹ L. T. DeLuca, *Eurasian Chem. Technol. J.* 18, 181 (2016).

⁵⁰ S. A. Rashkovskiy, Y. M. Milyokhin, and A. V. Fedorychev, "Combustion of Solid Propellants with Energetic Binders," in *Chemical Rocket Propulsion: A Comprehensive Survey of Energetic Materials*, L. T. DeLuca, T. Shimada, V. P. Sinditskii, and M. Calabro, Eds., Springer, New York, 2017.

⁵¹ H. G. Ang and S. Pisharath, *Energetic Polymers: Binders and Plasticizers for Enhancing Performance*, Wiley, New York, 2012.



3.17 дугаар зураг. Үрлэн цэнэгэнд бөөмсийн хуримтлагдсан тархалт

Түлшний гол шаардлага нь түүний исэлдэлт нь хүчтэй экзотермик бөгөөд хийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд дагалддаг бөгөөд урсацын дулаан, кинетик энерги нь хөдөлгүүрийн механизм болдог. Үүнийг тодорхойлсон хамаарал нь импульсийн хадгалалт ба Ньютоны хоёрдугаар хуулиас олж авсан сонгодог пуужингийн тэгшитгэл юм⁵²:

$$v_f - v_i = v_e \ln \frac{m_i}{m_f}$$

Хатуу түлшний инженерчлэлийн үндсэн параметрууд нь шаталтын хурд ба ширхэгийн загвар (жишээ нь, бөөмийн хэмжээ, хэлбэр) юм⁴⁶. Түлшийг асаах үед эсвэл тогтворгүй байдал үүсэхээс бусад тохиолдолд ердийн ХТПХ-ийн шаталтын түвшин үндсэндээ тогтмол байдаг ба үүнээс хамаарна. зөвхөн анхны температур ба даралт дээр. Пуужингийн импульсийн хөдөлгүүрт хатуу түлшийг олон хэсэгт хуваадаг⁵³. Урагшаа сегмент дэх түлш хурдан шатаж, хурдацтай хурдатгалыг бий болгож, үлдсэн сегментүүдийг дараалан асаана. Удаан хурдатгал нь пуужин дээрх ачааллыг бууруулж, хуваалт нь хөдөлгүүрийг зогсоож, дараа нь дахин асаах зэрэг хяналтыг өгдөг. Шаталтын хурдыг хянах өөр нэг арга бол гадаргын идэвхтэй бодисыг үрэлд оруулах бөгөөд энэ нь түлшний шаталтыг даралтаас хамааруулан үүсгэдэг. Хангалттай өндөр даралттай үед түлшний шаталт унтардаг. Даралт нь шаталтын гадаргуугаас дээшхи хийн үе шатанд нөлөөлдөг тул шаталтын хурдад нөлөөлдөг⁵⁴. Хамгийн тохиромжтой нь зөвхөн гадаргуу дээрх түлшний нимгэн

⁵² F. S. Billig, "Tactical Missile Design Concepts," in Tactical Missile Propulsion, G. E. Jensen and D. W. Netzer, Eds., American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 1996.

⁵³ G. E. Jensen and D. W. Netzer, "Tactical Missile Propulsion," AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 170, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 1996.

⁵⁴ H. L. Girdhar and A. J. Arora, Comb. Flame 34, 303 (1979).

давхарга шатдаг тул шаталтын өмнөх үрэлний температур гаднах температуртай ойролцоо хэвээр байна.

Хатуу түлшний ердийн найрлагыг 3.3 дугаар хүснэгтэд үзүүлэв. Дүүргэгчийн эзэлхүүний агууламж нь ихэвчлэн $1/4$ 70-80% хооронд хэлбэлздэг боловч 90% хүртэл өндөр концентрацийг ашигласан байдаг. Хатуу бодисын ачаалал өндөр байгаа нь түлшний хольцыг боловсруулах, цутгахад илүү төвөгтэй болгодог. Хатуу түлштэй холбоотой маш өндөр бөөмийн концентрацийн хувьд урьдчилан бэлтгэсэн барьцалдуулагчийн зурамтгай чанар, g нь чухал юм. Энэ нь боловсруулахад хангалттай бага байх ёстой боловч бөөмсийн тархалтыг хөнгөвчлөх хангалттай өндөр байх ёстой⁵⁵. Боловсруулалтын асуудлыг жижиг, том хэсгүүдийн холимог ашиглан тодорхой хэмжээгээр даван туулж, жижиг хэсгүүд нь том хэсгүүдийн эргэн тойрон дахь завсрын хэсгүүдийг эзэлдэг. Иймээс хатуу түлшээр савлах хэсгийг нэмэгдүүлэхийн тулд маш бага хэмжээтэй хуваарилалтыг ашигладаг, эс тэгвээс бөөмийн жигд тархалтад эзлэхүүний $\sim 64\%$ -иар хязгаарлагдана⁵⁶. Том хэсгүүд нь жижиг хэсгүүдээс 10 дахин их хэмжээтэй байх нь хольцыг боловсруулах боломжийг олгодог. Сүүлийнхийг агуулсан шингэн дэх эхнийх нь суспенз хэлбэрээр. Бөөмийн тархалтын нарийвчилсан мэдээлэл нь чухал ач холбогдолтой бөгөөд энэ нь холбогч бодисын наалдац, шаталтын үед "халуун цэг" үүсэх, хийн урсгалд бөөгнөрөл шингээхэд нөлөөлдөг⁵⁷. Хатуу биет дэх тодорхой бүтцийг тодорхойлохын тулд загварчлал болон туршилтыг хоёуланг нь судалсан. түлш⁵⁸. 3.17 дугаар зурагт $1/4$ 0.76 AP ба хөнгөн цагаан ширхэгтэй НТРВ хатуу түлшний төлөөлөх хэмжээний хуваарилалтыг үзүүлэв⁵⁹.

Түлшний хамгийн их хэмжээ нь хөдөлгүүрийн хамгийн сайн гүйцэтгэлийг өгдөг; Гэсэн хэдий ч үрэлний загвар нь хамгийн их савлагаа, /м ба хүссэн хүч чадлын хоорондын тохироог илэрхийлдэг. Илүү их түлшний агууламж нь хошууны орох хэсэгт цооногийн диаметр болон түлш асаах талбайг ихэсгэдэг бөгөөд энэ нь хүссэн тийрэлтийг хангахад чухал хүчин зүйл болдог.

5. Полимер холбогч

Хатуу түлш дэх полимер нь үрэлний найрлагыг холбогч, түлшний аль алины үүрэг гүйцэтгэдэг. Эхнийх нь хангалттай хүч чадалтай полимер шаарддаг боловч холих, цутгахад хялбар болгохын тулд хатууруулахаас өмнө бага зурамтгай чанар (хөндлөн холбох эсвэл гинж сунгах)-тай байх ёстой. Аливаа түлшний тодорхой шаардлага бол эрчим хүчний өндөр гарц бөгөөд пуужингийн түлшний хувьд шаталтын бүтээгдэхүүн нь хий хэлбэртэй байх ёстой. Ялангуяа түлш нь орчны янз бүрийн температурт өртдөг тактикийн пуужингийн хувьд шаталтын хурдыг температур, даралтад үл мэдрэмтгий болгох нь ашигтай байдаг. Бусад шаардлагад хадгалалтын тогтвортой байдал, исэлдүүлэгч болон бусад дүүргэгч хэсгүүд болон

⁵⁵ M. M. Rueda, M.-C. Auscher, R. Fulchiron, T. Peri ´ e, G. Martin, P. Sonntag, and P. Cassagnau, ´ Prog. Polym. Sci. 66, 22 (2017).

⁵⁶ L. E. Nielsen, Polymer Rheology, Marcel Dekker, New York, 1977.

⁵⁷ B. Lieberthal and D. S. Stewart, Comb. Theor. Model. 20, 373 (2016).

⁵⁸ S. Gallier and F. Hiernard, J. Propul. Power 24, 154 (2008).

⁵⁹ G. Jung and S.-K. Youn, Int. J. Sol. Struc. 36, 3755 (1999).

доторлогоотой сайн наалддаг байх зэрэг орно. ХТПХ-ийн холбогч бодисуудын найрлага нь хуванцараар бэхлэгдсэн тэсрэх цэнэгт хошуунд хэрэглэгддэгтэй төстэй болохыг анхаарна уу⁶⁰. Орчин үеийн түлшний хэрэглээнд хамгийн түүхэн чухал полимерүүдийг доор авч үзнэ.

А. НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗ

НС ашигладаг ХТПХ нь түлшний түүхэнд чухал байр суурь эзэлдэг. НС нь 19-р зууны сүүлчээр бага оврын зэвсэг болон том оврын зэвсгүүдэд зориулж бараг цэвэр хэлбэрээр (дан суурьтай) эсвэл нитроглицериноор хуванцаржуулсан (давхар суурьтай) ашигласан орчин үеийн анхны ХТПХ-ийн полимер холбогч юм. Дэлхийн 2-р дайнд бууныхтай нь ижил шахмал нунтаг ашигласан. Нарийвчлал муу байсан ч НС-д суурилсан пуужингууд нь дайсанд сэтгэлзүйн нөлөө үзүүлдэг тул их бууны төвлөрсөн бөмбөгдөлтөд ашиглахдаа сайн үнэлгээ авдаг байсан⁶¹.

Доор авч үзсэн эластомер полимер холбогчийг боловсруулж байх үед НС дээр суурилсан нийлмэл пуужингийн моторыг ашиглахын зэрэгцээ хүчин чармайлт нь боловсорч гүйцсэн өндөр түвшинд хүрсэн гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй. Эдгээр моторууд нь НС "цутгах нунтаг" -ыг ашигласан бөгөөд НС болон янз бүрийн хатуу орцуудын энгийн холимог бөгөөд шахаж, ойролцоогоор 1 мм хэмжээтэй зөв дугуй цилиндрийг үүсгэдэг. Дараа нь нунтгийг хэвэнд (ихэвчлэн холбосон пуужингийн хайрцаг, эсвэл дараа нь пуужинд ачдаг) завсрын зайг нитроглицерин болон бусад хуванцаржуулагчаар дүүргэсэн. Чадвартай сайн хийснээр хатуу ба шингэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн харилцан тархалт нь нэг цул пуужингийн моторыг бий болгосон. Ийм моторыг Скаутын гэр бүлийн пуужин болон Тэнгисийн цэргийн судалгааны лабораторийн Vanguard төслийн ажилд ашигласан⁶².

Тэдний эластомерт суурилсан хосуудын нэгэн адил хос суурьтай пуужингийн хөдөлгүүрийн технологи нь хөнгөн цагаан, AP, заримдаа Тэсрэх бодис (НМХ) зэрэг өндөр хүчин чадалтай тэсрэх бодис агуулсан нийлмэл өөрчилсөн давхар суурьтай (СМДВ) түлшээр оргилдоо хүрсэн. СМДВ нь ихэвчлэн Minuteman I пуужингийн гурав дахь шат, Polaris A2/A3 пуужингийн хоёрдугаар шат зэрэг баллистик пуужингийн моторт ашиглагддаг⁶³.

⁶⁰ E. Anderson, "Explosives," in *Tactical Missile Warheads: Progress in Astronautics and Aeronautics*, Vol. 155, J. Carleone, Ed., American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, DC, 1993.

⁶¹ J. E. Burchard, *Rockets, Guns, and Targets: Rockets, Target Information, Erosion Information, and Hypervelocity Guns Developed during World War II by the Office of Scientific Research and Development*, Atlantic Monthly Press, Boston, 1948.

⁶² R. Steinberger and P. D. Drechsel, "Manufacture of Cast Double-Base Propellant," in *Propellants Manufacture, Hazards and Testing*, in *Advances in Chemistry Series*, Vol. 88, C. Boyars and K. Klager, Eds., American Chemical Society, Washington, DC, 1967.

⁶³ J. D. Hunley, "History of Solid Propellant Rocketry. What We Do and Do Not Know," presented at the 35th AIAA/SAE/ASME Joint Propulsion Conference and Exhibit, Los Angeles, CA 1999.



3.18 дугаар зураг. Полисульфид преполимерын синтез

NC болон NG агуулсан давхар суурьтай найрлага нь хуучирсангүй; тэдгээр нь бага өртөгтэй, найдвартай, гал асаахад хялбар, бэлэн найрлагатай байдаг. Давхар суурьтай моторууд одоог хүртэл үйлдвэрлэгдэж байгаа бөгөөд одоогийн АНУ-д үйлдвэрлэсэн тактикийн пуужингийн моторуудад ихэвчлэн "хивсний өнхрөх" хэлбэрээр ашиглагддаг, өөрөөр хэлбэл зөөврийн ороонго ороосон давхар суурьтай хуудас хэлбэртэй байна. төвийн цооролттой цилиндр хөдөлгүүр.

В. АСФАЛЬТ

Орчин үеийн эластомер дээр суурилсан түлш нь ихэвчлэн Фрэнкийн удирдсан Калифорнийн Технологийн Гугенхайм Агаарын Лабораторид (GALCIT, дараа нь Тийрэлтэт хөдөлгүүрийн лаборатори болсон) боловсруулсан асфальт ба калийн перхлоратын холимог болох "анхны" ХТПХ түлшнээс улбаатай байдаг. GALCIT-ийн захирал Теодор фон Карма'н удирдлаган дор ажилладаг төгсөх ангийн оюутан Малина. Зорилго нь 100 000 фут өндөрт хүрч чадах пуужин бүтээх явдал байв⁶⁴. Давтан туршилтын бүтэлгүйтэлд урам хугарсан фон Карман, Малина хоёр хатуу моторын шатаж буй гадаргуу ба хушууны хоорондох тогтмол харьцааг математикийн аргаар харуулсан. талбай нь пуужингийн биед тогтвортой даралтыг бий болгоно⁶⁵. Энэ санааг ашиглан тэдний анхны хар нунтаг моторыг дахин зохион бүтээж, урьд өмнө хэзээ ч байгаагүй 12 секундын шаталтаар 125 фунт хүч чадалтай болсон⁶⁴. Гэсэн хэдий ч эдгээр моторууд орчны өөрчлөлтөд хэт мэдрэмтгий байсан. температур, халуун цаг агаарт сүйрлийн шинж чанартай байдаг.

Уг уусмал нь GALCIT-ийн гишүүн Жак Парсонсын боловсруулсан шинэ найрлага бөгөөд 7 хэсэг замын асфальт барьцалдуулагч, 3 хэсэг хуванцаржуулагч тос бүхий зутан дахь 76% калийн перхлоратын исэлдүүлэгчээс бүрдсэн⁶⁶. Энэ хольцыг халааж, доторлогоогүйгээр шууд моторын хайрцагт цутгасан⁶⁴. Хэдийгээр асфальт-перхлоратын найрлагыг АНУ-ын Тэнгисийн цэргийн хүчин JATO пуужинд ашигладаг байсан ч моторууд нь хэд хэдэн сул талуудтай байсан бөгөөд ялангуяа

⁶⁴ F. J. Malina, "The U.S. Army Air Corps Jet Propulsion Research Project GALCIT Project no. 1,1939–1946: A Memoir," in Proceedings of the Third Through the Sixth History Symposia of the International Academy of Astronautics, Vienna, Austria, October 13, 1972, R. Cargill, Ed., NASA Science and Technical Information Office, 1977.

⁶⁵ P. T. Carroll, "Historical Origins of the Sergeant Missile Powerplant," Eighth History of Astronautics Symposium of the International Academy of Astronautics, Amsterdam, 1974.

⁶⁶ J. W. Parsons, U.S. Patent 2,783,138 (to Aerojet-General Corp.), February 26, 1957.

ажиллах температурын хязгаарлагдмал хүрээ (орчны 6 30 8С) ба хатуу бодисын ачаалал багатай байсан нь механик шинж чанар муутай байсан⁶⁷. Гэсэн хэдий ч энэ төрлийн моторыг ихэвчлэн анхны амьдрах чадвартай ХТПХ гэж үздэг бөгөөд Парсонсыг "Пуужингийн шинжлэх ухааны эцэг"⁶⁸ хэмээн нэрлэж, Вернер фон Браун, Роберт Годдард, Константин Циолковский нартай зэрэгцүүлсэн.

С. ПОЛИСУЛЬФИД

Дэлхийн 2-р дайны сүүлийн үе шатанд JATO-д зориулсан ХТПХ-ийн барьцалдуулагчийг бүтээх ажил нь дайны өмнө Германд IG Farben-ийн бүтээсэн Буна-S хэмээх стирол-бутадиен резинийг ашиглахад хүргэсэн⁶⁹. Хэдийгээр Буна-S өргөн температурт сайн ажилласан боловч моторын үрэл чийгшүүлэх нь даван туулах боломжгүй асуудал болохыг нотолсон. Моторын холболтын шугамд наалдсан нь маш чухал бөгөөд учир нь үрэлний салангид гадаргуу нь дутуу шатаж, мотор эвдрэлд хүргэдэг. 1945 он гэхэд Тийрэлтэт хөдөлгүүрийн лабораторид калийн перхлорат бүхий полихлоропрен (CR) холбогч бодисыг боловсруулжээ. Эдгээр нь зөвшөөрөгдөх температурын хязгаарт ажиллаж, доторлогоонд сайн наалддаг байв⁶⁵. Гэсэн хэдий ч CR нь өндөр молекул жинтэй байсан тул холбогчийг боловсруулахад том өнхрөх тээрэм шаардагддаг. Перхлоратын хатуу исэлдүүлэгчийн ачаалал ихэссэнээр асуудал улам хурцадсан. Төрөл бүрийн хуванцаржуулагчийг туршиж үзсэн боловч аль нь ч боловсруулалтыг хангалттай сайжруулж чадаагүй.

Пластизолын нитроцеллюлозыг (PNC) заримдаа "бөмбөрцөг" эсвэл "үрэлдсэн" нитроцеллюлоз гэж нэрлэдэг бөгөөд ARC-д бүтээгдсэн бөгөөд PVC шиг урт биш боловч удаан эдэлгээтэй байдаг. PNC нь 12.6%-ийн нитратжуулсан, нитрометан болон этилийн центритэд ууссан, усанд эмульсжүүлсэн NC-ийг ашигласан. Дараа нь нитрометаныг уусган зайлуулж, центрифугийн аргаар 5-50 микрон хэмжээтэй бөмбөлөгүүдийг цуглуулсан⁷⁰. SRM-д бага хэмжээгээр хэрэглэж байсан ч PNC-ийг байлдааны хошуу болон бууны түлшинд ашигласан. АНУ-ын Тэнгисийн цэргийн хүчин PNC-ийг 1958 оноос эхлэн Мэрилэнд муж улсын Индиан Хид дэх Тэнгисийн цэргийн түлшний үйлдвэрт өөрөө үйлдвэрлэсэн тул PNC-ийг хангалттай чухал гэж үзсэн. 1990-ээд онд ослын улмаас уг байгууламжийг албадан хааснаар үйлдвэрлэл зогссон⁷¹.

⁶⁷ M. S. Cohen, "Advanced Binders for Solid Propellants—A Review," in *Advanced Propellant Chemistry*, Adv. Chem. Ser., Vol. 54, R. F. Gould, Ed., American Chemical Society, Washington, DC, 1966.

⁶⁸ R. Metzger, *Book of Lies: The Disinformation Guide to Magick and the Occult*, 2nd ed., Red Wheel/Weiser/Conari, Newburyport, MA, 2008.

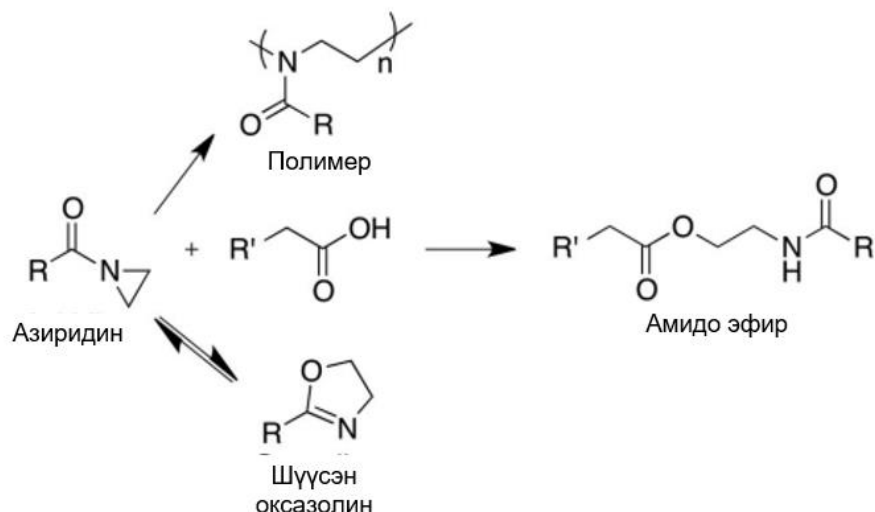
⁶⁹ E. Konrad and E. Tschunkur, U.S. Patent 1,973,000 (to I.G. Farben), September 11, 1934.

⁷⁰ R. C. Wilson, T. Liggett, G. C. Cox, and J. E. Geist, "Continuous Process for Producing Pelletized Nitrocellulose," Technical Report for Naval Ordnance Systems Command (AD-764 515), National Technical Information Service, Springfield, VA, June 1973.

⁷¹ R. Carlisle, *Powder and Propellants: Energetic Materials at Indian Head, Maryland 1890-2001*, 2nd ed., University of North Texas Press, Denton, 2002.

Е. ПОЛИ(БУТАДИЕН-АКРИЛ ХҮЧИЛ)

1950-иад оны дундуур бутадиен агуулсан сополимерууд поли(бутадиен-акрилийн хүчил; РВАА) дахин гарч ирсэн бөгөөд энэ нь Редстоун Арсенал дахь Тиоколын холбогч бодис болгон боловсруулсан санамсаргүй сополимер юм⁷². РВАА нь 3000 Да орчим молекул жинтэй байсан боловч тэдгээр нь үйлдвэрлэсэн.



3.19 дүгээр зураг. Азиридин дээр суурилсан бүтцийн урвал

Чөлөөт радикал эмульсийн полимержилт, энэ нь янз бүрийн олон үйлдэлт гинжин хэлхээний холимог байсан ба зарим нь функцгүй байдаг тул дахин үржих чадвар муутай байв. Хоёр функцтэй эпоксид ба азиридинуудыг нийлэг хүчлийн бүлгүүдээр цагираг нээх замаар хөндлөн холбоосыг гүйцэтгэв⁷³. Урьдчилан полимер нь хатуу бодисыг ачаалахад хангалттай бага зуурамтгай чанартай байсан ч үүссэн хөндлөн холбоос бүхий полимер нь сүлжээний жигд бус бүтэцтэй тул механик шинж чанар муутай байсан. шалтгаан нь орхигдсон. Гэсэн хэдий ч РВАА-г Тиокол Minuteman I ICVM-ийн эхний үе шатанд холбогч болгон ашигласан⁶³.

Ғ. ПОЛИ(БУТАДИЕН-АКРИЛОНИТРИЛ-АКРИЛ ХҮЧИЛ)

РВАА-г дахин үйлдвэрлэхэд бэрхшээлтэй тул Тиоколын боловсруулагчид үүнийг поли(бутадиен-акрилонитрил-акрилийн хүчил; РВАН)-аар сольсон бөгөөд энэ нь РВАА-тай бараг ижил санамсаргүй, чөлөөт радикал полимержих замаар нийлэгжсэн. Акрилонитрилийг оруулснаар нийлэг хүчлийн бүлгүүдийн хоорондын зай (жишээ нь, хөндлөн холбоосууд) сайжирч, эластомер шинж чанар сайжирсан. Мөн РВАН нь полибутадиен ба тэдгээрийн сополимеруудад түгээмэл тохиолддог ханаагүй нүүрстөрөгчийн исэлдэлтийн хөндлөн холбоосын улмаас үүссэн асуудал

⁷² H. G. Ang and S. Piharath, *Energetic Polymers*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2012.

⁷³ E. J. Mastrolia and K. Klager, "Solid Propellants Based on Polybutadiene Binders," in *Propellants Manufacture, Hazards and Testing*, Advances in Chemistry Series, Vol. 88, C. Boyars and K. Klager, Eds., American Chemical Society, Washington, DC, 1967.

болох РВАА-тай харьцуулахад гадаргуугийн хатууралд бага өртөмтгий байсан⁷³.

РВАА болон РВАН преполимеруудыг хоёуланг нь эмульгатор болгон дөрөвдөгч аммонийн давс, чөлөөт радикал үүсгэгчээр азобизисобутиронитрил ашиглан мономеруудыг усанд эмульсжүүлэн нийлэгжүүлсэн. Мономеруудын стехиометрийн хэмжээ нь янз бүр байж болох ч ихэвчлэн нийлэг хүчлийн хэмжээ хангалттай бага байсан тул 3000 Да молекул жинтэй гинжин хэлхээнд зөвхөн хоёр карбоксилын хүчлийн бүлэг, жингийн 6% орчим циано бүлэг байх болно (полимер нуруун дахь олефины исэлдэлтийн хөндлөн холбоосыг хязгаарладг гэж үздэг).

Ямар ч хэмжүүрээр РВАН нь амжилттай преполимер байсан; Бусад пуужингийн мотор холбогчоос илүү РВАН үйлдвэрлэж, хэрэглэсэн. 1997 он хүртэл ойролцоогоор 2.6 сая кг РВАН-д суурилсан түлш үйлдвэрлэсэн гэж тооцоолсон⁷⁴. Их хэмжээний хэрэглээ нь РВАН түлштэй хөдөлгүүрүүдэд, тухайлбал, Titan III/IV-A UA120 болон сансрын Шаттл хөлөг зэрэг пуужингийн хөдөлгүүрүүдэд их хэрэглэсэн⁶³.

Г. КАРБОКСИЛ-ТӨГСГӨЛТЭЙ ПОЛИБУТАДИЕН

РВАА болон РВАН-д шаардлагатай өөрчлөлт нь уян хатан чанарыг сайжруулахын тулд карбоксилатын бүлгүүдийг урьдчилсан полимер гинжин хэлхээний дагуу орон зайд тусгаарлах явдал байв. 1950-иад оны сүүлээр Тиоколын химич нар чөлөөт радикалтай полимеризаци ашиглан карбоксил төгсгөлтэй полибутадиеныг (СТРВ) нийлэгжүүлсэн⁷⁵. Бутадиенийг нийлэгжүүлэхэд дикарбоксилын хүчлийн хэт исэл (ихэвчлэн глютарийн хүчлийн хэт исэл) эсвэл азо дикарбоксилын хүчил үүсгэгчийг ашигласан. 3500–5000 Да орчим молекул жинтэй⁷³. Энэ нь хяналтгүй чөлөөт радикал полимержилт байсан тул преполимер нь полидисперсийн молекул жинтэй бөгөөд маш олон салаалсан байв (HTPB-тэй төстэй, доорх хэлэлцүүлгийг үзнэ үү). Пероксидын эхлэлийг ашиглан үйлдвэрлэсэн полимерийг Thiokol (дараа нь Morton International, дараа нь Rohm & Haas) HC-434 нэрээр хийсэн; азо-санаачилсан полимерийг Нусар нэрээр BF Goodrich үйлдвэрлэсэн.

Бутадиений анионик полимержилт нь полидиперсийг бууруулж, салаажилтыг арилгасан. Синтез нь төвөгтэй процесс байсан бөгөөд метил нафталины органолигийн давс нь изопрений дилтийн давсыг үүсгэгчийг хийхэд хэрэглэгддэг. Полибутадиений хүссэн молекулын жинд хүрсэний дараа полимерийн гинжин хэлхээний төгсгөлийг нүүрстөрөгчийн давхар ислээр хааж, дараа нь усгүй давсны хүчлээр СТРВ болон литийн хлоридыг дайвар бүтээгдэхүүн болгон гаргаж авсан. Филлипс Butarez CTL нэрээр.

Хэдийгээр СТРВ болон РВАН хоёулаа сайн материал байсан ч карбоксилатын химийн бодисыг хатууруулахад тулгуурласан нь асуудал үүсгэсэн.

⁷⁴ T. L. Moore, "Assessment of HTPB and PBAN Propellant Usage in the United States," presented at the AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, Seattle, WA, 1997.

⁷⁵ M. B. Berenbaum, G. F. Bulbenko, R. H. Gobran, and R. F. Hoffman, U.S. Patent 3,235,589 (to Thiokol Chemical Corp.), February 15, 1966.

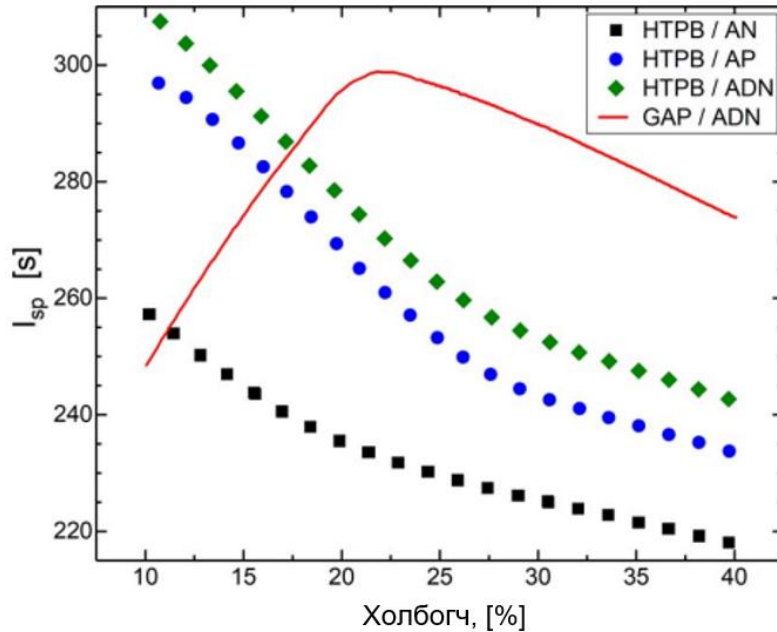
Карбоксилатаас үүссэн устөрөгчийн холбоо нь преполимеруудыг нэлээд өндөр зуурамтгай чанартай болгож, холих ажлыг хүндрүүлж, олон үйлдэлт азиридин эсвэл эпоксидоор хатууруулах нь удаан, заримдаа үйлдвэрлэлийн тоног төхөөрөмжийг долоо хоногоор холбодог байв. Азиридинууд нь карбоксилын хүчлүүдтэй илүү удаан урвалд ордог оксазолин үүсгэхээр дахин зохион байгуулалтад орж, AP49-ийн оролцоотойгоор гомополимержих боломжтой (3.19 дүгээр зураг). Гомополимержилт ба оксазолины асуудал маш муу байж болох тул холимогт нэмсэн азиридины 20-30% нь сайжруулалтанд огт нөлөөлсөнгүй. Азиридины гомополимер нь AP-ийн эргэн тойронд бүрхүүл үүсгэж, холбогч ба исэлдүүлэгчийн хоорондох наалдацыг нэмэгдүүлж, оксазолинууд нь эцэстээ азиридин болж буцаж, карбоксилын хүчлийн бүлгүүдийг сэргээдэг байсан.

Эдгээр асуудлуудыг үл харгалзан СТРВ-ийн найрлага нь 1960-аад оны туршид АНУ-ын цэргийн хатуу түлшний найрлагад хаа сайгүй байсан. Гэсэн хэдий ч сайжруулалтийн асуудал маш их байсан тул арван жилийн дотор ихэнх шинэ мэргэшсэн пуужингийн хөдөлгүүрүүд полиуретан химийн бодис хэрэглэж эхэлсэн. Хуучин моторыг шинэ найрлагад нийцүүлэхэд хүндрэлтэй, зардал ихтэй байсан тул хуучин системүүд нь СТРВ-тэй үргэлжилсээр байв. Гэвч 1996 онд Техас мужийн Боргер дахь Филлипсийн Бутарез үйлдвэрт гарсан галын улмаас өөрчлөлтийг түргэсгэсэн. Филлипс үйлдвэрийг сэргээн босгохоос татгалзаж, шугаман СТРВ-ийн үйлдвэрлэлийг зогсоож, улмаар АНУ-ын хэд хэдэн пуужингийн хөтөлбөрийг үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэггүйгээр үлдээв. Хэдийгээр Butarez-ийг чөлөөт радикал полимержүүлсэн СТРВ-ээр солих оролдлого хийсэн ч 2001 онд Goodrich-ийг хэсэг хөрөнгө оруулагчид худалдаж авсан бөгөөд Rohm & Haas СТРВ-ийн үйлдвэрлэлээ зогсоосноо зарлав.

Н. НТРВ

1950-иад оны эхээр, PBAN болон СТРВ-ийг нэвтрүүлэхээс өмнө гидроксил функциональ преполимеруудыг олон үйлдэлт изоцианатуудтай хослуулсан. General Tire & Rubber 1947 онд уретан хөндлөн холбоос бүхий полиэфир болон полиэфирийг хөдөлгүүрийн найрлагад зориулж туршиж үзсэн. Гэсэн хэдий ч эдгээр материалуудын анхны амжилтыг IG Farben-д ажиллаж байсан Австрийн химич Карл Клагерын удирдлаган дор Aerojet хийсэн. Дэлхийн 2-р дайн ба 1949 онд АНУ-ын Тэнгисийн цэргийн судалгааны алба цаасан хавчаар ажиллагааны дагуу АНУ-д авчирсан⁷⁶. Клагерын полиуретаныг Polaris A1-ийн хоёр үе шат болон Minuteman I-ийн хоёр дахь шатанд ашигласан. Эдгээр материалууд нь нэгдэл байв. поли(1,2-пропилен исэл) (PPG) ба поли(1,4-тетраметилений исэл) (PTMEG)-аас бүрдсэн, толуол диизоцианатаар хатааж, триэтаноламинтай холбосон.

⁷⁶ M. Gruntman, *Blazing the Trail: The Early History of Spacecraft and Rocketry*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 2004.



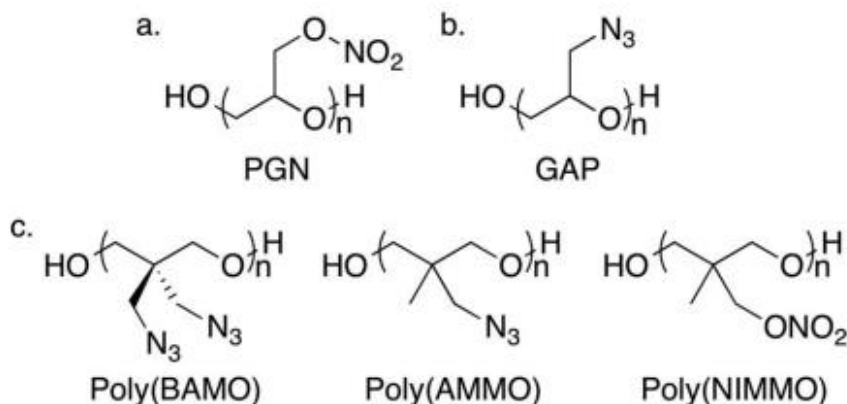
3.20 дугаар зураг. Аммонийн нитрат (дөрвөлжин), аммонийн перхлорат (тойрог), аммонийн динитрамид (алмаз), глицидил азидын полимер (шугам)-тай аммонийн динитрамидын нэгдэл бүхий НТРВ ашигладаг хатуу түлшний хувийн импульс ба холбогчийн агууламж.

Ийм холбогч бодисын бусад жишээнд поли(этилен исэл) (PEG), поли(неопентилгликол азелат), поли(бутилен исэл); ихэвчлэн В-2000 гэж нэрлэдэг. Эдгээр төрлийн холбогч нь тухайн үеийнхээ хувьд маш сайн тогтвортой байдал, механик шинж чанар, найдвартай ажиллагаатай байсан ч СТРВ-д суурилсан найрлагад шилжсэн.

1960-аад оны туршид СТРВ маш их давамгайлж байсан тул 1961 онд НТРВ нь анх холбогч материалд ашиглахаар нийлэгжсэн боловч 1968 он хүртэл Aerojet пуужингийн хөдөлгүүрт бодит хэрэглээг олж хараагүй бөгөөд энэ нь Aerojet үүнийг хос түлхэлтийн радиаль шатаах моторт үрэлний найрлагад ашигласан. НАСА-гийн ивээн тэтгэсэн цаг уурын дууны пуужин болох Astrobe D^{74.50} Аажмаар НТРВ нь СТРВ ашигладаг хуучин системд, тухайлбал, Маверик, Стингер, Сидевиндер пуужинд орлуулах холбогч болгон өргөн хэрэглэгдэх болсон. 50 жил ашигласны дараа НТРВ нь АНУ-д үйлдвэрлэсэн бараг бүх ХТПХ-ийн стандарт холбогч хэвээр байна. НТРВ дээр суурилсан полиуретан холбогч нь харьцангуй хямд, зуурамтгай чанар багатай урьдчилсан полимеруудтай, механик болон хуучралтийн сайн шинж чанарыг харуулдаг. Хоёртын систем нь хатуу түлшний өндөр агууламжийг бий болгож, хатуу түлшний хамгийн өндөр өвөрмөц импульсийн нэг юм. Зураг 4-т НТРВ-д суурилсан янз бүрийн металл бүхий хатуу түлшний хувийн импульс ISP-ийг харуулав^{49.12} Маш сайн шинж чанартай хэдий ч НТРВ нь АНУ-д ХТПХ хөгжүүлэх үйл ажиллагаа үндсэндээ дуусч байсан тэр үеийн хамгийн өргөн боломжтой урьдчилсан полимер байсан нь ашиг тусаа өгсөн нь дамжиггүй.

НТРВ преполимерын нийлэгжилт нь устөрөгчийн хэт ислийг ашиглан этилийн спирт эсвэл изопропанол дахь бутадиенийг чөлөөт радикал полимержуулах замаар явагддаг⁷⁷. Иймээс энэ нь ихэвчлэн өргөн молекул жингийн тархалттай, ихээхэн салаалсан байдаг. Хэдийгээр нэг преполимер гинжин хэлхээнд нэрлэсэн 2-3 гидроксил байдаг боловч энэ нь дундаж бөгөөд химийн бүтэц нь полидисперс юм. Гидроксил бүлгийн агууламжийн янз бүрийн судалгаагаар нэг гинжин хэлхээнд хэд хэдэн (заримдаа арав гаруй) гидроксил бүлэг агуулсан өндөр молекул жинтэй гинж байдгийг илрүүлсэн бөгөөд дэлгэрэнгүй мэдээлэл нь багцаас багц хүртэл өөр өөр байдаг⁷⁸. Энэ нь хяналтыг хийхэд илүү төвөгтэй болгодог. анионик полимержүүлсэн СТРВ дээр суурилсан хуучин системүүдтэй харьцуулахад НТРВ-ийн хөндлөн холбоосыг зөвхөн хоёр реактив бүлэг агуулсан телехелийн преполимерыг олон үйлдэлт хөндлөн холбогч бодисоор холбосон.

НТРВ-ийн хатуурлыг ихэвчлэн изофорон диизоцианат эсвэл гексаметилен диизоцианат гэх мэт алифатик диизоцианатаар гүйцэтгэдэг. Ерөнхийдөө үнэрт изоцианатууд нь хэт идэвхтэй байдаг тул савны ашиглалтын хугацааг богиносгодог (толуол диизоцианат нь үл хамаарах зүйл). Нэг хөндлөн холбогч бодис тутамд хоёроос илүү изоцианат шаардлагатай бол биурет триизоцианат нь ердийн сонголт юм. Хэдийгээр уретан үүсэхэд катализатор шаардлагагүй ч ихэвчлэн Льюисийн хүчлийн катализаторыг (жишээлбэл, төмрийн ацетилацетонат, дибутилтин дилаурат эсвэл висмут трихлорид) ашигладаг.



3.21 дүгээр зураг. Нийтлэг энергийн полимерууд

Металл катализатор нь изоцианаттай координат болж, гидроксилтэй урвалд орох идэвхжих энергийг бууруулдаг⁷⁹. Полимерийн бичил бүтцийг нарийн тохируулснаар НТРВ-ийн ашиглалтын хугацааг уртасгах боломжтой⁸⁰.

⁷⁷ J. A. Verdol and P. W. Ryan, U.S. Patent 3,427,366 (to Sinclair Research, Inc.), February 11, 1969.

⁷⁸ J. N. Anderson, S. K. Baczek, H. E. Adams, and L. E. Vescelius, J. Appl. Polym. Sci. 19, 2255 (1975).

⁷⁹ A. E. Oberth and R. S. Bruenner, "Polyurethane-Based Propellants," in Propellants Manufacture, Hazards and Testing, Advances in Chemistry Series, Vol. 88, C. Boyars and K. Klager, Eds., American Chemical Society, Washington, DC, 1969.

⁸⁰ V. Sekkar, A. S. Alex, V. Kumar, and G. G. Bandyopadhyay, J. Macro. Sci. A Pure Appl. Chem. 54, 171 (2017).

Aerojet нь НТРВ-ийн боломжийг хүлээн зөвшөөрсний дараа R-45M худалдааны нэрээр Sinclair/ARCO компани үйлдвэрлэсэн. Одоо Total Petrochemicals компанийн эзэмшиж буй энэхүү НТРВ үйлдвэрлэлийн байгууламж үргэлжлүүлэн ажиллаж байна.

I. ГИДРОКСИЛ-ТӨГСГӨЛТЭЙ ПОЛИЭТЕРҮҮД

Дээр дурдсанчлан полиэфир болон полиэфир дээр суурилсан полиуретан холбогчийг 1950-иад оны эхээр талбайн пуужингийн системд амжилттай боловсруулж, 1970-аад оны эхээр СТРВ, дараа нь НТРВ-ээр сольсон. Энэ нь зарим талаараа полибутадиенийг стандарт моторт найрлагад оруулахдаа полиэфирээс арай илүү өндөр өвөрмөц импульс өгдөг (ойролцоогоор 3 секундын өсөлт)тэй холбоотой байв. Түүнчлэн, эрт үеийн полиэфирүүд чийгшилд өртөх үед хэврэгших хандлагатай байсан бөгөөд энэ нь бодит орчинд бараг зайлсхийх боломжгүй байв. Энэ нь түлшний хуучралт, хөдөлгүүрийг доторлогоотой холбоход асуудал үүсгэсэн. Гэсэн хэдий ч хос түлхэлттэй пуужингийн бага шаталттай дэмжигч мотор гэх мэт тусгай хэрэглээнд эхний үеийн полиэфирүүдийг ашиглах нь үргэлжилсээр байв⁸¹.

1980-аад оны сүүлээр АНУ-ын арми галт хэрэглэлийнхээ мэдрэх чадварыг бууруулахад анхаарлаа хандуулж эхэлсэн; өөрөөр хэлбэл, дарь, тэсрэх бодис, түлшний санамсаргүй тэсрэлтийн үзэгдэл, хор нөлөөг арилгах, багасгахад анхаарч ирсэн⁸². Хатуу бодисын ачааллыг бууруулснаар хөдөлгүүрийн цохилтод илүү мэдрэмтгий бус байдлыг бий болгох боломжтой боловч энэ нь түлшний хүчин чадал, үр дүнг бууруулдаг. Мэдрэх чадварыг бууруулахад тавигдах шаардлага нь алдагдсан хүчин чадлыг нөхөхийн зорилгоор илүү сайн энерги гаргах, зохих хүчин чадалд хүрэхийн тулд түлшний холбогч бодисыг дахин сайжруулах, судалгаа хийхэд хүргэв. Барьцалдуулагчийг илүү эрч хүчтэй болгох тодорхой арга бол преполимер дээр энергийн бүлгүүдийг оруулах явдал юм (доороос үзнэ үү). Эсвэл найрлагад эрч хүчтэй хуванцаржуулагч ашиглаж болно. N-butyl-N-nitrateoethyl nitramine, триметилолетан тринитрат зэрэг эрч хүчтэй хуванцаржуулагч нь полибутадиен зэрэг полимерт уусахад хэт туйлшралтай байдаг. Полиэфир нь уусах чадвар, ялангуяа чийгнээс хамгаалах асуудлыг шийдвэрлэх тодорхой шийдэл юм.

6. Энергийн полимерууд

Стандарт нөхцөлд ердийн хатуу түлш нь 265 секундын дараа тодорхой хувийн импульс үүсгэдэг⁸³. Ихэвчлэн азид эсвэл нитратын эфирийг ашиглан илүү өндөр шаталтын энерги өгдөг барьцалдуулагчийг боловсруулах эрдэм шинжилгээ, судалгааны ажил үргэлжилсээр байна. NC нь ХТПХ-д хэрэглэгдэж байсан анхны энергийн хүчтэй холбогч байсан бөгөөд илүү энерги хүчтэй барьцалдуулагчийг бий болгох, хөгжүүлэх судалгаа амжилттай хийгдэж байна. Эдгээр нь уретан хөндлөн холбоос бүхий гидроксил төгсгөлтэй преполимерууд юм.

⁸¹ K. Klager, "Polyurethanes, the Most Versatile Binder for Solid Composite Propellants," presented at the AIAA/SAE/ASME 20th Joint Propulsion Conference, Cincinnati, OH, 1984.

⁸² Hazard assessment Tests for Non-Nuclear Munitions, MIL-STD-2105D, 2011.

⁸³ P. Kuentzmann, Introduction to Solid Rocket Propulsion, RTO-EN-023 (2004).

7. Боловсруулалт

Хатуу түлшийг боловсруулахын тулд дулааны хуримтлал багатай, өндөр ачаалалтай материалыг хэлбэржүүлж, хатууруулах шаардлагатай. Хатуу исэлдүүлэгч ба металлын тоосонцор зэрэг хатуулагдаагүй түлшний зуурамтгай чанар нь одоо байгаа хэмжээнээс ихгүй байх явдал юм. Уламжлалт холигчоор сайн боловсруулахын тулд 50 Па байна. Энэ нь нэмэлт хуванцаржуулагч агуулаагүй ихэнх холбогч бодисын зуурамтгай чанараас хамаагүй бага бөгөөд жингийн хувьд 10% ба түүнээс дээш түвшинд (преполимерийн хувьд) ордог. Преполимерийн ажиллах хугацаа нь вакуум дор хангалттай холих, цутгах, хатууруулахад хангалттай урт байх нь чухал юм. Томоохон ХТПХ-ийн хувьд, тухайлбал, зөөгч пуужингийн хувьд тус бүр нь 1600 л хүртэл хэмжээтэй хэд хэдэн хольцыг холигч дотор цутгах нүх рүү зөөж, дараа нь хөдөлгүүрийн хайрцагт шууд цутгадаг. Ажлын цагийг температурын хяналт, хөндлөн холбоосын урвалын катализаторыг ухаалаг ашиглах замаар зохицуулдаг. Резонансын акустик холимгийг уламжлалт хутгуурыг орлох арга болгон судалсан⁸⁴. Энэ арга нь холихын тулд бага давтамжтай, өндөр эрчимтэй акустик талбайг ашигладаг бөгөөд урьдчилан бэлтгэсэн "зуурмаг"-ын туршид бичил холих горимыг бий болгодог⁸⁵. Онолын хувьд, Энэ нь илүү нэгэн төрлийн хольцыг бий болгож, хөдөлгүүрийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг тэдгээрийн тохиолдолд шууд холих боломжийг олгодог бөгөөд энэ нь тусдаа холигч савны хэрэгцээг арилгадаг.

Одоогоор хэрэгжээгүй байгаа боловсруулалтын хувилбар бол түлшний нэмэлт үйлдвэрлэл (гурван хэмжээст хэвлэх) юм. Давуу талууд нь илүү дотно холилдох, ялангуяа төвийн цооролт дотор илүү нарийн ширхэгтэй бүтэц үүсгэх, улмаар шатаах профайлыг илүү сайн тохируулах чадварыг багтаана⁸⁶.

8. Барьцалдуулагч бодисын механик шинж чанар

ХТПХ-ийн цэнэгний үрэл нь түлшийг хөдөлгөөнгүй болгож, үрэлний гаднах гадаргууг дутуу шатаахаас сэргийлж хайрцагт наалддаг. Холболтыг арилгах нь чухал асуудал байж болох бөгөөд холболтын шинж чанарыг сайжруулахын тулд түлшний найрлагад нэмэлт бодисууд орсон байдаг. Хадгалах явцад үүсэх дулааны ачаалал нь ихэвчлэн бага (0.1 МПа) байдаг ч дулааны эргэлт нь хагарлыг өдөөж болно. Илүү ноцтой зүйл бол боловсруулах явцад агшилт үүсэх бөгөөд энэ нь нэмэлт ачаалал үүсгэдэг. Исэлдүүлэгч хэсгүүд, ялангуяа том хэсгүүдийн ойролцоо ачааллын концентраци нь матрицаас салгахад хүргэдэг. Агшилтаас үүдэлтэй ачааллыг температурыг хатууруулах температураас бага зэрэг нэмэгдүүлэх замаар нөхөж болно⁸⁷. 8С-ийн ердийн хурдасгасан хуучралт нь орчны температурт 15 жил хүртэлх хугацаатай тэнцэх нь НТРВ-д суурилсан түлшний механик шинж чанарт

⁸⁴ M. D. McPherson, U.S. Patent Application Publication 2010/0294113 (to Aerojet Rocketdyne), November 25, 2010.

⁸⁵ J. G. Osorio and F. J. Muzzio, Powder Technol. 278, 46 (2015).

⁸⁶ J. Fuller, D. Ehrlich, P. Lu, R. Jansen, and J. Hoffman, "Advantages of Rapid Prototyping for Hybrid Rocket Motor Fuel Grain Fabrication," presented at the 47th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, San Diego, CA, 2011.

⁸⁷ J. W. Baker and J. Gaunt, J. Chem. Soc. 9, 19 (1949).

бага зэрэг өөрчлөлтийг үүсгэдэг⁸⁸. Гэсэн хэдий ч бага температурт удаан хадгалах нь ачаалал үүсгэдэг. Энэ нь исэлдүүлэгчээс холбогчийг чийгшүүлж, улмаар мотор дотор хоосон зай үүсгэдэг. Түлшийг асаахаас өмнөх харьцангуй бага хэмжээний статик ачаалал ч гэсэн хоосон орон зай үүсэхийг эхлүүлж болно⁸⁹. Жижиг хоосон зайг тэлэх нь цоорхой эгзэгтэй хэмжээнд хүрсэн тохиолдолд ХТПХ-ийн сүйрлийн эвдрэлд (тэсрэлт) хүргэж болно⁹⁰. Хамгийн том хүчдэл нь түлшийг асаах үед үүсдэг. ба нислэгийн ердийн хэмжигдэхүүнтэй. 0.5 МПа. Хэдийгээр энэ нь материалын бат бөх чанараас хамаагүй доогуур боловч хүчдэл нь холбогчийг их хэмжээгээр чийгшүүлж⁹¹, ширхэгийн бүтцийн бүрэн бүтэн байдлыг алдагдуулахад хангалттай⁹².

Боловсруулалт, хадгалалт, ашиглалтын явцад гадаргуугийн хагарал, нүх хуримтлагдах нь түлшний механик шинж чанар, бүтцийн тогтвортой байдалд нөлөөлж, улмаар сүйрлийн эвдрэлд хүргэдэг. Иймээс хатуу түлшний загвар нь холбогч-мөхлөгийн интерфэйс, тоосонцор-холбогчийг салгах, хоосон зай үүсэх зэрэгт үзүүлэх ачааллын тооцоо, дүн шинжилгээнд үндэслэгдэнэ. Гэмтлийг тэсвэрлэх чадварыг үнэн зөв үнэлэх нь чухал юм. Гэмтлийн улмаас түлшний зөөлрөлтийг тодорхойлохын тулд туршилт, загварчлалыг ашигладаг бөгөөд ихэвчлэн хоосон зай үүссэний улмаас зөөлрөлт үүсдэг гэж үздэг; өөрөөр хэлбэл зуурамтгай чанар эсвэл уян хатан чанар муудна.

Загварчлал

Хатуу түлшний механик үйл ажиллагааг загварчлах нь ХТПХ-ийн оновчтой дизайн, тэдгээрийн үйлдвэрлэл, аюулгүй ажиллагааг хангахад чухал ач холбогдолтой бөгөөд сүүлийнх нь ашиглалтын хугацааг тооцох болно. Гэсэн хэдий ч, энэ загварчлал нь ийм дүн шинжилгээ хийхэд хүндрэл учруулдаг бараг бүх хүчин зүйлийг агуулдаг: шугаман бус ачаалал, холимог суналтын горим, өндөр хүчдэлийн хурд, материалын эвдрэл, хугарал, цаг хугацааны явцад өөрчлөгддөг температур ба ачаалал. Материал нь өөрөө маш нарийн төвөгтэй бөгөөд механик шинж чанартай олон бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг агуулдаг бөгөөд тэдгээр нь маш өөр боловч хосолсон байдаг. Эхний алхам нь ачаалал ба хүчдэлийн хамаарлыг, түүний дотор цаг хугацааны хувьсал өөрчлөлтийг тооцоолох үндсэн тэгшитгэлийг гаргах явдал юм. Полимерүүдийн хувьд феноменологийн эсвэл молекул байж болох уян хатан байдлын загварыг ашигладаг. Эхнийх нь механик хариу урвалыг ихэвчлэн гинжин молекулуудтай ямар ч холбоогүй мөрдөгдөж болох тэгшитгэлд хүрэхийн тулд деформацийн энергийн дериватив хэлбэрээр дүрсэлдэг⁹³. Хэмжилтийн энергийг ихэвчлэн хүчдэлийн цуваа тэлэлтээр илэрхийлдэг. инвариантууд (хэмжилтийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг илэрхийлэхэд ашигладаг аливаа ортонормаль координатын системийн хувьд ижил байдаг ачаалал тодорхойлогч), идеал уян хатан чанарт тохирсон шугаман нэр томъёо ба сайн мэддэг Мүүни-Ривлиний

⁸⁸ R. Lopez, A. Ortega de la Rosa, A. Salazar, and J. Rodr ´ ıguez, J. Prop. Power 34, 75 (2018).

⁸⁹ F. Xu, N. Aravas, and P. Sofronis, J. Mech. Phys. Sol. 56, 2050 (2008).

⁹⁰ P. A. Kakavas and A. V. Perig, Rev. Mat. 20, 407 (2015).

⁹¹ G. Li, Y. Wang, A. Jiang, M. Yang, and J. F. Li, Prop. Expl. Pyro. 43, 642 (2018).

⁹² H. C. Yildirim and S. Ozupek, Aerosp. Sci. Technol. 15, 635 (2011).

⁹³ R. S. Rivlin, RUBBER CHEM. TECHNOL. 65, 51 (1992).

тэгшитгэлтэй⁹⁴. Шугаман бус нэр томъёог нэмж болно. туршилтын өгөгдлүүдийг тохируулах, гэхдээ энэ нь экстраполяци хийх үед их хэмжээний алдаа гаргахад хүргэдэг. Вахапоглу, Карадениз⁹⁵ 2003 он хүртэл янз бүрийн үзэгдлийн тэгшитгэлүүдийг хянаж үзсэн. Гинжин энтропи дээр суурилсан резинэн уян хатан байдлын молекулын загварууд⁹⁶ нь үзэгдэл судлалын хандлагатай ижил нарийвчлалтай боловч бүтэц, өмчийн харилцааны талаар ойлголт өгөх давуу талтай.

Дүүргэгч бодисын нөлөөлөл нь загварчлалыг хийхэд нэмэлт хүндрэл үүсгэнэ. Янз бүрийн хэмжээтэй бөөмсөөр дүүрсэн шингэний зуурамтгай чанарыг тодорхойлох маш олон загвар байдаг⁹⁷. Үндсэн ойлголт нь энгийн: хатуу хэсгүүдийн суналтгүй байдлаас шалтгаалсан деформацийг нэмэгдүүлэх нь царцангуй байдлыг нэмэгдүүлдэг (хэвийн гинжний тасралт эсвэл тасалдалтаар хязгаарлагддаг). дүүргэгч хэсгүүдээс⁹⁸. Өөрөөр хэлбэл, деформацийн энерги нь резинэн уян хатан чанараас үүсдэг ба дүүргэгч байгаагаар нэмэгддэг. Полимер дүүргэгчийн интерфэйсийн үүрэг, түүний дотор бэхлэгдсэн болон хаалттай резин зэрэг нь чухал юм. Түүнчлэн бөөмийн деагломераци ба завсрын гинжний гулсалт нь деформацийн хамаарлыг бий болгодог бөгөөд энэ нь том ачааллын үед дүүргэгч нөлөөг давамгайлж чаддаг.

Каучук дотор 10-аас 10⁴ нм хүртэлх хэмжээтэй нүүрстөрөгчийн хар хөө байдаг ч гэсэн полидисперс нунтаг (3.17 дугаар зураг) нь өөр нэг хүндрэлийг дагуулдаг юм⁹⁹. Нунтагийн хэмжээг тодорхойлсон илэрхийллийн тоо нь энэхүү тархалтын шинж чанарыг илэрхийлдэг. Салангид хэмжээтэй хэсгүүдийн хувьд эдгээр нь бүтээгдэхүүний ерөнхий нийлбэр хэмжээг тодорхойлно.

$$\eta(\phi) = \eta_{\phi=0} \prod_{i=1}^n H(\phi_i)$$

ϕ – дүүргэгчийн эзлэхүүний хэмжээ бөгөөд хүчин зүйл тус бүрийн хэмжээ хуваарилалтын салангид горимд тохирно.

Хатуу болгох хувилбар $H(\phi)$ нь бөөмийн хэлбэр ба харилцан үйлчлэлийн нөлөөг багтааж болно. Эхлэх цэг нь бага бөөмийн концентрацид хүчинтэй Эйнштэйний тэгшитгэл юм.

$$\eta = \eta_{\phi=0}(1 + 2.5\phi)$$

⁹⁴ C. M. Roland, *Viscoelastic Behavior of Rubbery Materials*, Oxford University Press, Oxford, UK, 2011.

⁹⁵ V. Vahapoglu and S. Karadeniz, *RUBBER CHEM. TECHNOL.* 79, 489 (2006).

⁹⁶ J. E. Mark and B. Erman, *Rubber Elasticity: A Molecular Primer*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.

⁹⁷ R. J. Farris, *Trans. Soc. Rheol.* 12, 281 (1968).

⁹⁸ B. Jiang, *RUBBER CHEM. TECHNOL.* 90, 743 (2017).

⁹⁹ T. Koga, T. Hashimoto, M. Takenaka, K. Aizawa, N. Amino, M. Nakamura, D. Yamaguchi, and S. Koizumi, *Macromolecules* 41, 453 (2008).

нүүрстөрөгчийн хөө дүүргэгч байхгүй үед $\eta_{\phi=0}$ нь зуурамтгай чанар юм¹⁰⁰.99

$$\eta = \eta_{\phi=0}(1 + 2.5\phi + 14.1\phi^2)$$

Ихэвчлэн ϕ -г резинэн бүрхүүлд их хэмжээний үр дүнтэй эзлэхүүний фракц гэж үздэг¹⁰¹. Илүү өндөр концентрацитай монодисперс бөөмсийн хувьд олон олон хувилбар байх бөгөөд тэдгээрийн ихэнх нь эмпирик юм. Туршилтын өгөгдлийг сайн харуулсан жишээнүүд орно¹⁰².

$$\eta = \eta_{\phi=0} \left(1 + 2.5\phi + k\phi \left[\frac{\phi}{\phi_m - \phi} \right]^2 \right)$$

k – тохируулах параметр, бөгөөд¹⁰³ дараах хэлбэртэй байна

$$\eta = \eta_{\phi=0} \left(1 + 0.75 \frac{\phi/\phi_m}{1 - \phi/\phi_m} \right)$$

Энэ нь хатуу биетүүдийн эзлэхүүний хамгийн их хувийг Эйнштейний тэгшитгэл болгон бууруулж $\phi_m = 0.605$. Зуурамтгай чанар ба модулийн хоорондын хамаарлыг өгөгдсөн $\eta/\eta_{\phi=0} = E/E_{\phi=0}$ (суналтын модулийн хувьд), Eqs. 2-6 нь модуль дээр хатуу хэсгүүдийн нөлөөллийг мөн ашигладаг.

Хатуу түлшний механикийг загварчлах нийтлэг таамаглалууд нь

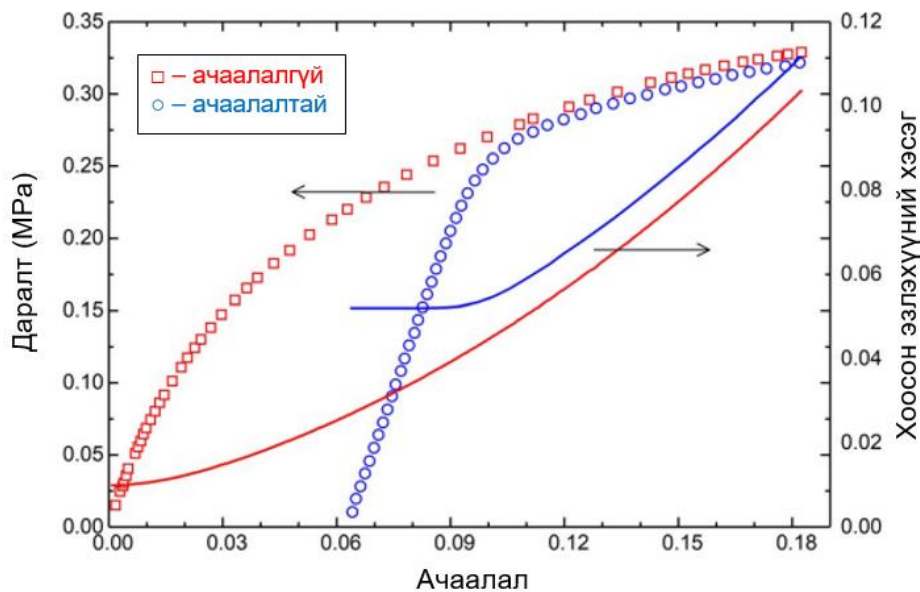
1. байнгын тогтворгүй буцах хэв гажилт;
2. хэв гажилтаас үүссэн эзлэхүүний өөрчлөлтгүй;
3. хүзүүний зангилаа зэрэг хэв гажилт байхгүй; ба
4. хэв гажилт ба цаг хугацааны (эсвэл хэв гажилтын хурд) нөлөөлөл нь салангид байна.

¹⁰⁰ E. Guth, J. Appl. Phys. 16, 20 (1945).

¹⁰¹ A. I. Medalia, RUBBER CHEM. TECHNOL. 45, 1171 (1972).

¹⁰² B. A. Horri, P. Ranganathan, C. Selomulya, and H. Wang, Chem. Eng. Sci. 66, 2798 (2011).

¹⁰³ J. S. Chong, E. B. Christiansen, and A. D. Baer, J. Appl. Polym. Sci. 15, 2007 (1971).



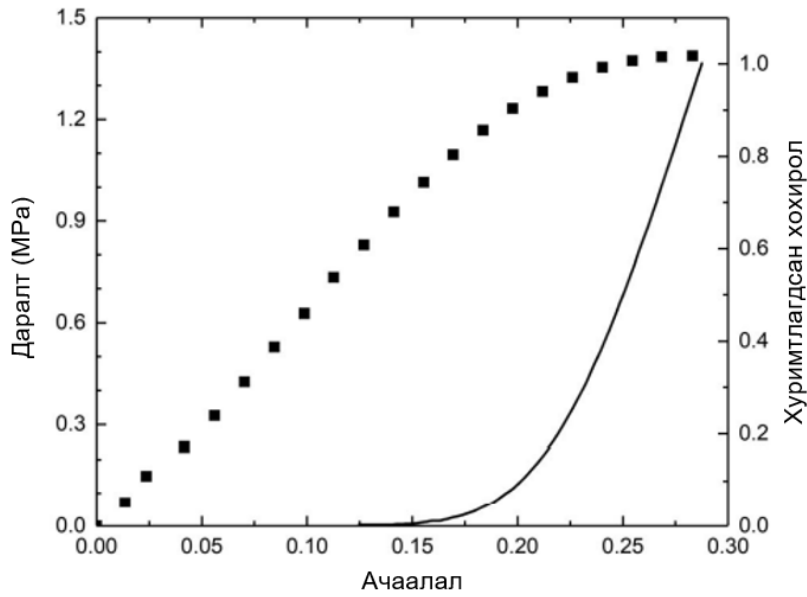
3.22 дугаар зураг. Даралт ачааллаас хамааран хоосон зай үүсэх бүдүүвч

Түлш нь урсгалд мэдрэмтгий байдаг тул тэдгээрийн наалдамхай шинж чанарыг үндсэн загварт оруулах ёстой. Ерөнхийдөө резинийг загварчлахдаа даралтыг цаг хугацаа, суналтын функцүүдийн энгийн бүтээгдэхүүнээр илэрхийлдэг. Больцманы суперпозицийн зарчмыг ашигласнаар нэг тэнхлэгт хүчдэлийн хувьд даралт болно.

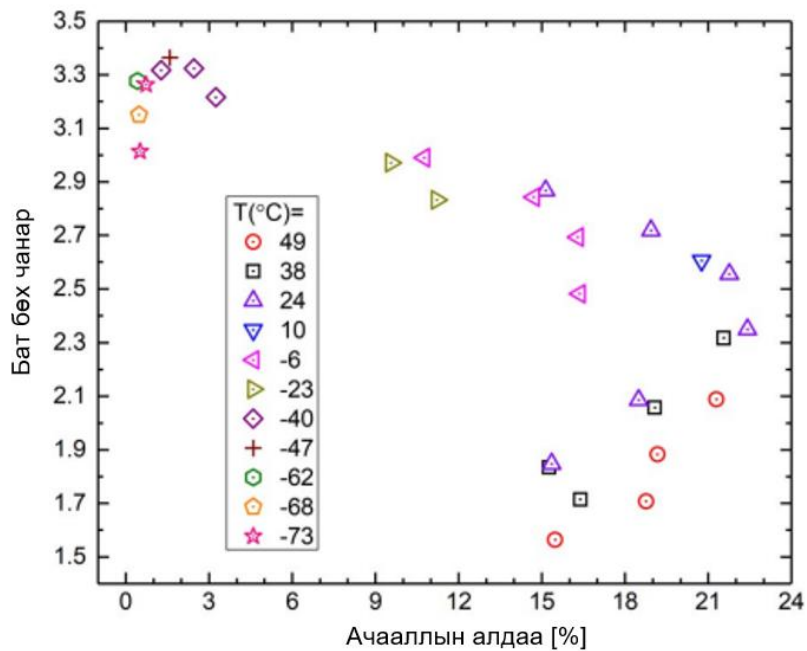
$$\sigma(t) = \int_0^t \frac{dE(t-u)}{du} (\varepsilon(t) - \varepsilon(u)) du + E(t)\varepsilon(t)$$

Үүнд ε нь суналтын хэв гажилт юм. Интегралын эхний гишүүн нь u үед үүссэн ачааллын t дээр үлдсэн ачааллыг илэрхийлнэ. Хоёр дахь нэр томъёо нь изохрон ачаалал юм. Резин бол хамгийн "шугаман" материал бөгөөд хамгийн багадаа $E(t)^{104}$. гэсэн зохих тодорхойлолтыг ашигладаг. Хэмжилт ба хурдны хамаарлын туршилтын шинж чанарын хувьд энэ арга нь урвуу бус хэв гажилтын хувьд маш сайн ажилладаг. Харин хэв гажилтын тэмдэг өөрчлөгдөхөд тэгшитгэл 7 болон үүнтэй төстэй боловсруулалт нь зарцуулсан энергийн хэмжээг үргэлж дутуу үнэлдэг.

¹⁰⁴ C. M. Roland, RUBBER CHEM. TECHNOL. 62, 863 (1989).



3.23 дугаар зураг. Даралтаас үүсэх гэмтэл



3.24 дүгээр зураг. Ердийн хатуу пуужингийн түлшний саатлын муруй

Феноменологийн болон молекулын үүсгэгч тэгшитгэлийн аль аль нь резинэн сүлжээний урвуу хэв гажилтыг тайлбарлах боломжгүй байдаг. Энэ нь туршилтын хурцадмал байдал эсвэл зүсэлтийн өгөгдлийг тохируулах замаар үндсэн параметруудийг олж авах үед нөхөн сэргээх явцад урьдчилан таамагласан хүчдэл хэт их байна гэсэн үг юм; өөрөөр хэлбэл хэмжсэн гистерезис нь тооцоолсон энергийн зарцуулалтаас давсан байна. Сүүлийн үед нэгтгэх оролдлого хийж байна

Резинэн уян хатан байдлын загварт уян хатан шинж чанарыг тусгасан боловч ерөнхийдөө нөхөн сэргээх явцад резинэн сүлжээнүүдийн механик шинж чанарыг сайн тусгаагүй хэвээр байна.

9. Холбогч, барьцалдуулагч бодисын загварчлал

Хатуу түлшний үндсэн тэгшитгэлд ихэвчлэн түлшний зөөлрөлтийг тооцоолох эмпирик эвдрэлийн нэр томъёог агуулдаг бөгөөд энэ нь түлшэнд гэмтэл учруулдаг. Эдгээр үндсэн тэгшитгэл дэх эвдрэлийн материалын параметруудийг туршилтын болон ачаалал-хэмжилтийн хазайлтаар тодорхойлно; өөрөөр хэлбэл эмпирик зөөлрүүлэх функцийг туршилтын өгөгдөлтэй нийцүүлэн тохируулсан болно¹⁰⁵. Эдгээр загварууд нь түлшний анхны хэв гажилтын үед үнэн зөв хүчдэлийг өгдөг; Гэсэн хэдий ч урьдчилан таамагласан сэргээх ачаалал нь хэт их байна¹⁰⁶. Асуудал нь хатуу түлшийг загварчлах үед тэгшитгэл зэрэг илэрхийлэл оновчтой болоогүй явдал юм. Урвуу хэв гажилтын хувьд 7-г үл тооцдог тул чийгшүүлэх, хоосон зай үүсэх зэрэг бүтцийн эвдрэлээс үүдэлтэй "илүүдэл" эрчим хүчний алдагдал үүсдэг. Гэмтэлтэй загваруудад голдуу үндсэн цэнэгэнд дүүргэгч хэсгүүд хоосон орон зайд шилждэг гэж үздэг бөгөөд энэ нь тусгаарлагдсан хэсгүүд нь ямар ч хүч чадал өгдөггүй гэсэн таамаглалд тулгуурладаг. хэв гажилтын нөхцөл¹⁰⁷. 3.23 дугаар зурагт түлшний үндсэн тэгшитгэлээр тооцоолсон утгаас хүчдэлийн хазайлтаас гаргаж авсан ердийн хатуу түлшний хоосон зай эзэлхүүний үр дүнг харуулав. Энэ төрлийн түлшний шинжилгээний үр дүнд үүссэн алдагдлын хэмжээг 3.24 дугаар зурагт харууллаа¹⁰⁵.

Холбогч барьцалдуулагч бодисонд ашигладаг полимерийн шилэн шилжилтийн температурыг хэт өсгөсөнөөс аморф хэлбэрийн полимерт шилжин түлшний дотор хоосон зай их хэмжээгээр үүсч түүний чанарыг муутгадаг үйл явц үүсдэг сөрөг талтай тул түүнийг тохируулж загварчлах хэрэгтэй¹⁰⁸.

3.4 дүгээр хүснэгт

Хатуу пуужингийн хөдөлгүүрийн эд ангиудын ердийн материалын шинж чанар

	Түлш	Ган сав	Тусгаарлагч
Модуль, МПа	~1	$210 \cdot 10^3$	11
Пуассоны итгэлцүүр	0.5	0.3	0.3
Дулааны тэлэлтийн итгэлцүүр K^{-1}	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$0.11 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$
Дулааны дамжуулалт $W/(m^2K)$	0.61	42.5	0.36
Дулаан багтаамж дж/г К	0.83	0.46	0.36

¹⁰⁵ E. J. S. Duncan and J. Margetson, Prop. Expl. Pyro. 23, 94 (1998).

¹⁰⁶ S. W. Park and R. A. Schapery, Int. J. Solids Struct. 34, 931 (1997).

¹⁰⁷ G. H. Lindsey and J. E. Woods, J. Eng. Mat. Technol. 97, 271 (1975).

¹⁰⁸ J. A. C. Harwood, L. Mullins, and A. R. Payne, J. Appl. Polym. Sci. 9, 3011 (1965).

3.5. Хөдөлгүүрийн материал, дулааны хамгаалалт

Хатуу түлштэй пуужингийн хөдөлгүүрийн их бие нь байнга дотоод даралтын үйлчилгээнд байдаг тул түүний хэв гажилтын төрөл нь суналт юм. Түүнд хэрэглэх материалуудын хамгийн их хувийн бат бөх байдал σ_B/γ чанарын өндөр түвшинд байхыг шаардана¹⁰⁹. σ_B – тасрах материалын эсэргүүцэл. Түүнээс гадна эдгээр материалуудад олон шаардлага тавигддаг. Үүнд уян хатан байдал хадгалалтын үед гадна талын нөлөөнд хамгаалагддаг химийн сайн тогтвортой байдалтай. Үйлдвэрлэхэд хялбар, хямд үнэтэй байна. 3.5 дугаар хүснэгтэд материалын бат бөх чанарын үзүүлэлтүүдийг тусгалаа. Орчин үед том хөдөлгүүрүүдийн их биеийг сайн чанарын хавтгай гангаар үйлдвэрлэж байна. Америкийн мэдээлэлд эдгээр материалын бат бөх чанар дараах хэмжээтэй: $\sigma_S = 140$ кг/мм² $\sigma_B = 160$ кг/мм² арай өндөр үзүүлэлттэй ган Н-11 ($\sigma_S = 183$ кг/мм², $\sigma_B = 200$ кг/мм²). Мэргэжилтнүүдийн судалгаагаар орчин үед пуужингийн үйлдвэрлэлд хэрэглэх гангийн маркийн бат бөх чанар нэмэгдэж 280-300кг/мм² хүрнэ гэж үзэж байна. Гэвч хөдөргүүрийн ханын зузааныг багасгах нь бүтцийн бат бөх байдалд аюултай байж болзошгүй. Бусад металлуудаас онцгой анхаарал татаж байгаа нь титаны хайлш юм. Түүний бат бөх чанар гангаас илүү. Жишээлбэл Ti-6Al-4V маркийн титаны хайлшны бат бөх чанар $T=+20^\circ\text{C}$ үед $\sigma_B = 126$ кг/мм², $\sigma_S = 105$ кг/мм² бөгөөд σ_B/γ өгөгдөхүүн нь Д6АС гангаас 45% илүү. Энэ гангаар Минитмен пуужингийн хоёрдугаар шатлалын ХТПХ-ийн их биеийг үйлдвэрлэсэн нь түүний жинг гангаар үйлдвэрлэснээр 30% багасгасан байна. Мөн хананы зузааныг бүтэн хагасаар нэмэгдүүлж бүтцийн бат бөх чанарыг нэмэгдүүлжээ. Сүүлийн жилүүдэд пуужингийн үйлдвэрлэлд төрөл бүрийн сайжруулж бөхжүүлсэн хуванцар ашиглаж байна. Эдгээр материал нь хувийн өндөр бат бөх чанартай дулааны физик болон технологийн илүү чанартай. Бөхжүүлсэн хуванцарын төрөлд шилэн ба кварц утас, асбест хэрэглэж байна. Орчин үед энэ төрөлд хиймэл графит гарган авч ашиглаж байна. Барьцалдуулагч бодисоор эпоксид ба фенолын давирхайг хэрэглэдэг. Материалын хамгийн сайн бат бөх чанар нь дүүргэгч ба барьцалдуулагч бодисны харьцааг 70:30 үед хангаж байна.

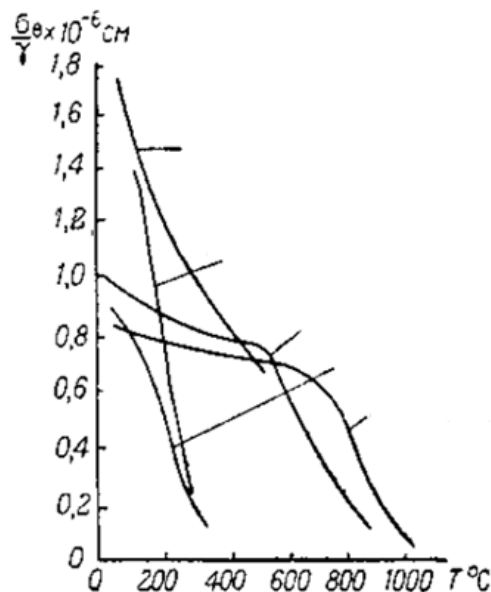
Их биеийг үйлдвэрлэхэд сүлжих аргыг хэрэглэдэг. Тодорхой өнцгөөр байрлуулсан хүрээнд барьцалдуулагч бодисыг дэвтээсэн шилэн утсаа хэд хэдэн үеэр ороож түүнийг зууханд хийж удаан хугацааны халаалт өгнө. Үүний үр дүнд барьцалдуулагч бодис нийлэгжиж материал зохих механик шинж чанартай болно. Гадаадын хэвлэлийн мэдээллээр Минетмен пуужингийн нэгдүгээр шатлалын хуванцар их 35%-иар хямд бөгөөд $\sigma_S = 152$ кг/мм² үзүүлэлттэй өндөр чанарын гангаар үйлдвэрлэсэн их биенээс 25% хөнгөн байна.

¹⁰⁹ Уитфилд. Конструирование металлических корпусов РДТТ. — Вопросы ракетной техники, 1969, ЛЬ 3, с. 22— 17.

3.5 дугаар хүснэгт

Материалын нэр	Марк	Хувийн жин γ	Уян хатны модуль E , кг/мм ²	Хувийн бат бэх σ_B/γ	Хувийн хатуулаг E/γ
Пуужингийн камерын тусгай ган	H-11	7,84	$2 \cdot 10^6$	25,5	2550
Пуужингийн камерын тусгай ган	D6AC	7,85	*	19,4	*
Хөнгөнцагааны хайлш	75ST	2,77		21,7	
Титаны хайлш	Ti-6Al-4V	4,5		28,1	
Эпоксид фенол давирхайтай шилэн даавуу	ЭФ-32-301	1,7	$2,2 \cdot 10^5$	24,0	1300
Эпоксид шилэн утас		1,8		31,2	
Эпоксид шилэн хуванцар		1,8		97,5	

Янз бүрийн материалын харьцуулсан судалгаагаар тэдгээрийн хувийн бат бөх чанар хэрэгслийг ашиглаж байгаа үеийн температураас хамаарч байна. 3.25 дугаар зураг дээр үзүүлснээр гол төлөв хэрэглэгддэг материалуудын σ_B/γ харьцааг температураас хамааран яаж өөрчлөгдөхийг харж болно. Хөнгөнцагааны хайлшны бат бөх чанар 150-200°C, титаны 400-450°C, гангийн 650-750°C температурт огцом буурах нь ажиглагдаж байна. Тийм учраас пуужингийн хөдөлгүүрийг дулааны хамгаалттай үйлдвэрлэх шаардлагатай.



3.25 дугаар зураг. Материалын хувийн бат бөх чанар ба температурын хамаарал

Хатуу түлштэй пуужингийн хөдөлгүүрт хэрэглэдэг дулааны хамгаалалтын бүрээсний төрөл

Халуун хийнээс эд ангийн дулааны хамгаалалтыг тусгай материалаар бүрэх мөн түлшний цэнэгийг хөдөлгүүрийн их биетэй бэхлэх аргаар хийнэ. Үүнд тавигдах үндсэн шаардлага:

- Тухайн эдлэлийг найдвартай хамгаалах, хамгаалах 1м^2 гадаргуунд хамгийн бага жинтэй байх;
- Эдлэлийн материалтай бүтээлэг сайн холбогдох, бэхлэгдэх;
- Чичиргээт ачаалалд хангалттай тэсвэртэй байх;
- Механик ба дулааны цохилтыг даах чадвартай;
- Үйлдвэрлэх хялбар технологитой.

Орчин үеийн хамгаалалтын бүрээсүүдийг идэвхтэй ба идэвхгүй бүрээс гэж хуваадаг. Идэвхгүй дулааны хамгаалалтыг хайлах өндөр температуртай ($T_{пл} > T_0$), температур дамжуулах бага чадвартай дулаанд тэсвэртэй материалаар хийнэ. Ийм бүрээсний зузаан ажиллах явцад өөрчлөгдөхгүй учир удаан хугацааны хадгалалтанд сайн зохицсон бат бөх чанартай байх нэмэлт шаардлага тавигддаг.

Тийм бүтээлэг: (MgO , Al_2O_3 , ZrO_2) зэрэг муу хайлдаг ислүүд, зарим металлын карбид, нитрид, борид орно. 3.6 хүснэгтэд ийм материалын жагсаалтыг тусгасан. 3.7 хүснэгтэд эдгээр материалын физик шинж чанарыг оруулсан.

Керамик бүтээлгийг галт тэсвэртэй тусгай бодистой холин ашиглаж байна. Түүнийг нимгэн түрхэж, бодис тус бүрийг давхарга болгон зориулалтаар нь ашиглана. Тухайлбал, гадна давхарга нь хамгаалалтын өндөр чанартай материал дотор давхарга нь дулааны хамгаалалтын өндөр чадвартай байна.

3.6 дугаар хүснэгт

Хэт муу хайлдаг материалын жагсаалт (2500°C дээш хайлах температуртай)

Нэр	Хайлах температур $^\circ\text{C}$
Элементүүд:	
Нүүрстөрөгч	3500
Молибден	2650
Осмий	2700
Рений	3170
Тантал	2850
Вольфрам	3370
Исэл:	
Берилли	2500
Кальци	2550
Гафни	2800
Магни	2800

Тори	2800
Циркони	2700
Борид:	
Гафни	3050
Вольфрам	2900
Циркони	2900
Карбид:	
Гафни	4150
Молибден	2550
Ниоби	3500
Цахиур	2700
Тантал	4150
Тори	2800
Титан	3100
Вольфрам	2860
Циркони	3550
Циркони-тантал	3900
Нитрид:	
Бор	2750
Гафни	3300
Сканди	2650
Тантал	3300
Титан	3200
Циркони	3000
Цирконат:	
Бари	2700
Кальци	2660
Стронци	2700
Тори	2800

Пуужингийн техникт очлуураар тоосруулах аргыг өргөн их хэрэглэж байна. Энэ арга нь: галд тэсвэртэй нунтаг материалыг (цахиур, цирконы ба титаны исэл гэх мэт...) саваа болгон хэвлэж өндөр температуртай очлуурт байрлуулж цацна. Хайлсан материал сайн цэвэрлэгдсэн төмөр гадаргуун дээр наалдана. Гадаргуун дээр наалдсан хайлмаг хурдан хатуурч хамгаалалтын давхарга үүсгэнэ. Муу хайлдаг материалаар хийсэн тийм бүтээлэг хангалттай зузаан давхарга үүсгэж дулааны өндөр урсгалыг эсэргүүцнэ. Гэвч нүх сүв үүсдэг тул энэ бүтээлэг нь тийм сайн найдвартай болдоггүй. Мөн төмөртэй наалдах бат бөх чанар нь тийм өндөр биш. Энэ нь механик цохилт болон чичиргээт үйлчилгээг муу даадаг.

3.7 дугаар хүснэгт

Муу хайлдаг материалын шинж чанар

Материал	Хайлах буюу задрах хэм, °C	Хувийн жин, кг/м ³	Өөрчлөгдөх хувийн жин, кг/м ³	Шугаман суналтын итгэлцүүр 10 ³ 1/°C	Дулаан дамжуулах итгэлцүүр, $\frac{\text{ккал}}{\text{мсек}^\circ\text{К} \cdot 10^3}$	Хувийн дулаан эзлэхүүн, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}^\circ\text{К}}$
Хөнгөнцагааны исэл	2015,7	3970	2950	8,1	0,62	0,27
Борын карбид	2449	2510	2510	4,5	0,413	–
Бериллийн исэл	2500	3020	2700	8,0	3,580	0,43
Цирконы давхар исэл	2700	6270	4400	11,0	0,172	0,168
Магнийн исэл	2800	3580	2500	14,3	0,825	0,187
Торийн исэл	2800	9690	7340	9,4	–	0,06
Борын нитрид	2730	–	2210	0,77/7,51*	2,9	0,22
Цахиурын карбид	2700	–	3170	25/1200	12,5/1	0,30
Титаны карбид	3100	–	4900	–	1,86	0,21

Плазм очлуурыг хэрэглэх үед төмөр гадаргуутай бүрээс сайн бат бөх наалдана. Энэ очлуур нь цацаж байгаа материалыг 10000-12000°C хүртэл температурт халаана. Энэ үед төмрийн гадаргуу дээр хамгаалалтын материал гүн сайн наалдана.

Сүүлийн үед Al₂O₃, Cr гэх мэт материалын нунтагийг хөөлгөж гарган авсан металл-керамик бүрээсийг хэрэглэж байна.

Их биений идэвхтэй дулаан хамгаалалт нь бүрээсний материал гэмтэх, эвдрэх, арилах үед гадаргуунд дулааныг шингээх зарчим дээр үндэслэгдэнэ. Энэ дулаан нь хайлах, уурших зэрэг өөрчлөлт явагдахад хэрэглэгдэнэ. Түүний дараа дулааны урсгал материалын гүнд шингэнэ. Идэвхтэй дулааны хамгаалалтын бүрээсийг гадаргууны ба бодисын дотоод шилжилтийн бүрээс гэж ангилна. 1 дүгээр бүлэгт нүүрсжсэн давхарга үүсгэдэггүй зарим нийлэг болон хамгаалагч материалууд орно¹¹⁰. Бүрээс минерал давс ба органик барьцалдуулагч бодисноос бүрдэнэ. Бүрээсний материалыг эдлэлийн гадаргуу дээр багсаар түрхэх буюу эсвэл цацах ба юүлэх аргаар түрхэнэ. Ийм хэлбэрийн бүрээсийг “Онест Джон” удирдлагагүй пуужингийн сумны ХТПХ-д –цоргоны дулааны тусгаарлалтын зорилгоор хэрэглэдэг. 3.8 дугаар хүснэгтэд эдгээр материалын шинж чанарыг тусгалаа.

¹¹⁰ Чернов Ю.В. Расчет теплозащитного покрытия с внешним уносом массы. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 39 с.

Идэвхитэй дулааны хамгаалалтай материалын шинж чанар

Бодис	Хувийн жин кг/м ³ 10 ⁻³	Буцлах температур °C	Нэвтрэх дулаан ккал/кг
Mg ₃ N ₂	–	1500 (задрах)	2130
Si ₃ N ₄	3,44	Нэвтрэх	2800
AlN	3,26	2000 (нэвтрэх)	3720
NH ₄ F	1,315	Нэвтрэх	1276
NH ₄ Cl	1,527	355 (нэвтрэх)	994
AlF ₃	3,07	1270	905
SiS ₂	–	Нэвтрэх	694
CdO	6,95	900-1000 (задрах)	694
ZnO	5,61	1800 (нэвтрэх)	556

Энэ бүлгийн бүрээсэнд мөн каучук тусгаарлалтын бүрээс ордог. Каучук бүрээсийг ~3900°C температурт 120 секундын турш хэрэглэнэ. Тийм бүрээсийг “Минитмен” гурван шатлалт пуужингийн ХТПХ-д хэрэглэдэг. Каучук бүрээсний зузаан хэрэглэх нөхцөлөөс хамааран хэд хэдэн мм-ээс хэдэн арван мм хүртэл байна. Жишээлбэл, Минитмен пуужингийн гурав дугаар шатлалын хөдөлгүүрт каучук давхаргын зузаан цоргоны таган дээр 25 мм хүрдэг.

Бодисыг дотуураа зөөдөг бүрээс эвдэрдэггүй бодис (дамжуулагч) ба дулаан шингээдэг зөөгч бодисоос бүрдэнэ. Ийм бүрээсний нилээд их хэрэглэгдэж байгаа төрөл нь бэхжүүлсэн хуванцар юм. Тэдгээрийг халаахад органик бодис хий үүсгэн задарч харьцангуй бат бөх нүүрсжсэн давхарга үүсгэнэ. Бэхжүүлсэн хуванцарыг ХТПХ хамгаалалтын бүрээс болгон ашиглана. Хэрэв ХТПХ-ийн их биеийг бэхжүүлсэн хуванцараар хийсэн бол нэмэлт бүрээс шаардлагагүй. Тэр нь өөрөө дулааны хамгаалагч болно. Ийм бүрээс нилээд олон төрлийн галт хэрэглэлд хэрэглэгдэнэ. 80 сек турш ажилладаг “Ника-Зевс” пуужин эсэргүүцэгчийн хөдөлгүүрийн их биеийг хийдэг. Шилэн даавуугаар хийсэн бүтээлгийг Минитмен пуужингийн нэг дүгээр шатлалын хөдөлгүүрийн их биений доод хэсгийг хамгаалахад хэрэглэнэ. Доод ёроолын холбогдох хэсэгт хуванцарын давхаргын зузаан 50 мм болдог. Тэдгээрээс гадна сүвэрхэг графит вольфрам ордог.

Хөдөлгүүрийн цоргоны дулааны хамгаалалт

Цорго нь ХТПХ-ийн дулааны их ачаалалд ордог эд анги юм. Энд дулааны солилцоо өндөр эрчимтэй явагдаж, цоргоны гадаргуу дээр хийн урсгалын механик хүчтэй үйлчлэл үүсдэг. Эдгээр хүчин зүйлсийн байнгын үйлчлэл, материалын хангалттай бус бат бөх чанар зэргээс үүдэн цухалдах огтлолын хэт халалт шаталт үүсэж, түүний улмаас даралт ба хөдөлгүүрийн татах хүч унаж, зарим тохиолдолд цэнэг унтрах тохиолдол байдаг. Эндээс түүнд болон материал, цоргоны бүтэц зохион байгууламжид тавигдах үндсэн шаардлага–дулаанд тэсвэртэй байх шаардлага гарч байна. Бага хугацаанд ажилладаг хөдөлгүүрт цухалдах огтлол дахь температур түлшний шаталтын температураас нэлээд их бага байдаг. Тиймээс

түүний цоргыг бага нүүрстөрөгчтэй ган-хямд материалаар хийнэ. Энэ нь дулаанд тэсвэртэй гангаас 2-3 дахин их дулаан дамжуулах чадвартай. Удаан хугацаагаар ажилладаг хөдөлгүүрийн цорго янз бүрийн материалаар хийсэн иж бүрдэл, эд ангиудаас бүрдсэн байдаг. Тийм учраас тухайн хөдөлгүүрийн цоргоны гадаргуу цухалдах огтлол дээрээ хийн урсгалын огцом зогсоолтын үеийн ойролцоо T_0 температуртай болдог. Харин цоргоны амыг дулааны хүчтэй цохилт. хими, физик, механик үйлчлэлийг даах чадвартай материалаар хийсэн жийрэгээр доторлоно. Эдгээр материалыг 3 бүлэгт хуваадаг: 1) графитын янз бүрийн хэлбэр, 2) дулаанд тэсвэртэй металл, 3) керамик материал. Графитийн янз бүрийн хэлбэрээс цоргоны жийрэгэнд арай илүү тохиромжтой нь пиролизит графит, буюу пирографит юм. Пиролизит графит ердийнхөөсөө дулааныг эсэргүүцэх өндөр чадвартай, ердийн графитийг бодвол сублимацын өндөр температуртай ($\sim 3500^\circ\text{C}$) илүү нягттай (2.22 г/см^3) бат бөх чанараар давуу, хуучралт ба зэврэлтэд ердийн графитаас бага өртөнө. Пирографитын температурын хамаарлыг 3.8 дугаар хүснэгтэд тусгав. Пирографитын дулаан тусгаарлах чанарыг ашиглахын тулд түүний давхаргыг хийн урсгалын зэрэгцээ дагуу байрлуулна. Энэ хувилбарын онцлог шинж нь жийрэгний дотор гадаргуу өндөр температурт их хална. Хөдөлгүүр ажиллах эхний үе шатанд температур огцом нэмэгдэж дараа нь аажим багаар өөрчлөгдөж шаталтын бүтээгдэхүүний температуртай адил болно. Дулаан дамжуулах чадвар бага тул жийрэгний зузааны дагуу температурын маш их уналт болно. (1 мм зузаанд $700-800^\circ\text{C}$) Энэ нь зарим тохиолдолд пирографитаар хийсэн жийрэгэнд хөнгөн дулаанд тэсвэргүй хөнгөнцагаан, хуванцар гэх мэт материалаар хийсэн сольдог жийргэвч хэрэглэх бололцоо өгдөг. Жийрэгний уртын дагуу дулаан өгөх итгэлцүүр их хэмжээгээр өөрчлөгдөх тул түүний халалтын тооцоог уртын дагуух дундаж утга харгалзан материал дахь температурын өөрчлөлтийг зөвхөн хөндлөн чиглэлд үзнэ.

Цоргоны жийрэг хийх дулаанд тэсвэртэй металл нь хайлах өндөр температуртай дулаан дамжуулах өндөр чадвартай $\lambda \approx 0,039-0,025 \text{ ккал/м сек}^\circ\text{C}$ байх ёстой. Эдгээрээс молибден, вольфрамыг их хэрэглэдэг. Дээрх материалууд халалтаас бат бөх чанараа хэвээр хадгалж чаддаг, жишээлбэл, молибдений задрах бат бөх чадвар 1100°C үед 2100 кг/см^2 . Дулаан дамжуулах, бат бөх өндөр чадваруудыг хосолсон, температурын шугаман суналтын итгэлцүүр $5,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1}^\circ\text{C}$ бага зэрэг нь эдгээр материалын дулааны цохилтыг даах өргөн бололцоог хангаж байна. Гэвч энэ материалууд өндөр температурт хялбар исэлддэг тул хатуу түлшний шаталтын бүтээгдэхүүнд химийн идэвхтэй бодис агуулсан үед тэдгээрийн ашиглалтыг хүндрүүлдэг. Молибден исэлдэх үед молибдений исэл MoO_3 үүснэ. Хөөрөмтгий нэгдэл үүссэний дараа гадаргуунаас шууд ууршиж түүний улмаас металл тогтмол хурдтай шатна. Химийн идэвхтэй бодисын үйлчлэлд металлын тогтвортой байдлыг хангахын тулд борийн нитридтэй бүрээсийг хэрэглэх хэрэгтэй. Энэ бодис өндөр температурт өөрөө асдаг. Энэ бүлгийн материалын өөр нэг дутагдал нь тэдгээрийн хувийн жин их байдаг. Молибденийх $10,2 \text{ г/см}^3$, вольфрамынх $19,3 \text{ г/см}^3$ Орчин үед вольфрам бүрээстэй цоргоны эдлэлийг хайлуулсан байдлаар үндсэн материалын гадаргуунд түрхэж байна. Керамик жийрэг хэврэг тул их хэрэглэдэггүй. Галд тэсвэртэй гафни болон танталын карбидыг хэрэглэх хандлага бий болж байна. Тэдгээрийн хайлах температур 4150°C . Пуужингийн хатуу түлшний энергийн үзүүлэлт дээшилж байгаатай уялдан шаталтын температур нэмэгдэж дулаанд тэсвэртэй материалын хайлах температур хийн

урсгалын температуртай ойролцоо болсноор түүний хэрэгцээ өсөж байна. Цоргоны ажиллах нөхцөл, чадварыг хадгалахын тулд дотор ба гадаад хөргөлтийн аргыг хэрэглэж байна. Цорго ба түүний гадуур хийдэг савны завсар байрлуулсан хөргөгч элементээр гадаад хөргөлтийг хийнэ. Цоргыг дулаан дамжуулах өндөр чадвартай муу хайлдаг материалаар үйлдвэрлэдэг. Хөргөгч элемент нь хайлах, буцлах бага температуртай металл байж болно. Хөдөлгүүр ажиллах үед хөргөгч элемент хайлж буцлах температурын хэмжээндээ хүрнэ. Хөргөгч элементийн уур тусгай нүхээр гарна. Буцалж эхэлсний дараа хананы температур хөргөгч элементийн буцлах температуртай адил тогтмол байна. Хөргөгч элемент уурших үеийн их хэмжээний дулааныг хананд шингээж соплоо хөрнө. Цоргоны ажиллах боломжит хугацаа хөргөгч элементийн хүчин чадал, тоо хэмжээгээр тодорхойлогдоно. 3.9 дүгээр хүснэгтэд хялбар хайлдаг металлын дулааны физик үзүүлэлтийг тусгасан. Хүснэгтээс харахад хөнгөн цагаан, литий, магни дээрхи зорилгод нийцэж байна. Тэдгээр бодисын буцлах температур маш их өндөр уурших дулаантай. Хөргөгч элементийг сонгохдоо хананы температур буурахад хананд дамжуулах дулааны хэмжээ өсөж, түүнтэй уялдан хөргөгч элементийн хэрэгцээт тоо өсөхийг анхаарах хэрэгтэй. Түүнээс гадна цоргоны хананы хэт бага температурт түүний гадаргуу дээр янз бүрийн нэмэлт бодисын уур хуримтлагдаж түлшинд орох аюултай. Шингэн металл маш их өндөр дулаан дамжуулах чадвартай тул цоргоны гадна гадаргуу дээр дулааны идэвхтэй солилцоо хийдэг. Шингэн металлын Прандтлын шалгуур маш бага ($Pr = 0,005 \div 0,03$) тул хананаас шингэнд дулаан дамжуулахад дулаан дамжуулалт гол үүрэгтэй. Ийм аргын дулааны хамгаалалтын үр ашгийг туршилтаар нотолсон байна. Үүнд молибденоор хийсэн 1,5 мм зузаан ханатай цоргыг магнийгаар хөргөсөн аж. Дотроосоо $T_0 = 3350^{\circ}\text{C}$ температуртай хийгээр 60-80 сек хугацааны турш цоргоны ханыг үлээлгэхэд магнийн 1100°C буцлах температуртай адил байжээ.

3.9 дүгээр хүснэгт

Хялбар хайлдаг металлын шинж чанар

Металлын нэр	Хайлах		Буцлах	
	Хувийн дулаан ккал/кг	Температур, $^{\circ}\text{C}$	Хувийн дулаан ккал/кг	Температур, $^{\circ}\text{C}$
Хөнгөн цагаан	9,3	658	2228	1800
Кали	14,7	62,3	511,5	760
Литий	32,8	186	2540	1200
Магни	70	651	2574	1100
Натри	27,5	97,5	1015	880
Цагаан тугалга	14,4	231,8	271	2260
Хар тугалга	6,32	327,5	203	1620
Цайр	24,09	419,4	425	907

Цоргоны дотор халаалтыг цоргоны дуунаас бага хэсэгт хөргөгч элементээ байрлуулж гүйцэтгэнэ. Энэ үед хананы хажууд үүссэн илүү хүйтэн хийн уур манан үндсэн урсгалтай хамт хөдөлж шаталтын бүтээгдэхүүний дулааны болон химийн үйлчлэлээс цухалдах огтлолын гадаргууг хамгаална.

ГУРАВДУГААР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ

Бага оврын хольцот хатуу түлштэй цэнэгийг гол төлөв бага оврын удирдлагатай пуужингийн байлдааны чанарыг дээшлүүлэх, задран дэлбэлэх үйлчилгээг хүчтэй болгож, цэнэгийн шаталтаас үүсдэг үлдэгдэл хатуу биетийг тэсэлж ашигт үйлийн итгэлцүүрийг нэмэгдүүлнэ. Судалгааны үндсэн дээр түлшний хольцонд хүчтэй тэсрэх бодис - гексоген или октоген, лецитин и диэтилферроцен зэргийг нэмж оруулсанаар зохих үр дүнд хүрсэн байна. Бодисын стандартыг нягт мөрдөх хэрэгтэй. Дараах стандартад нийцсэн бодисыг хэрэглэнэ. Үүнд: аммоны перхлорат ГОСТ 84-942-82, эпоксид давирхай ГОСТ 10587-93, хөнгөн цагааны нунтаг АСД-4 ТУ 48-5-226-87, хар тугалганы исэл ГОСТ 9199-78 гэх мэт стандарттай бодисуудыг бэлтгэж цутгах аргаар үйлдвэрлэнэ. Баллистит түлшийг үйлдвэрлэхдээ эхлээд нитроэфирийг бэлтгэж бодисуудыг холих, дараагийн шатны үйлдвэрлэл явуулах аргыг боловсруулсан байна. Нитро холимогийг Шпегелийн аппаратаар бэлтгэж, 20 л бага багтаамжтай холигчоор хольж тасралтгүй ажиллагаатай барзгар гадаргуутай голоор түлшийг элдэж үрэл шахмал болгох аргаар хийхийн хамтаар шурагтай шахуургаар цэнэгийг шахдаг аргыг ОХУ-д туршсан нь амжилттай болсон байна. Төслийн нэг зорилт нь хатуу түлш бүхий загварын пуужингийн түлш үйлдвэрлэх технологийг боловсруулж турших ажил байлаа. АНУ,БНХАУ, ОХУ-ын технологийг харьцуулан судалж калийн нитрат, сорбит бүтэцтэй хатуу түлш гарган авч хөдөлгүүрийн гадаад диаметр 25 мм, урт 85, жин 40г, түлшний жин 25г, нийт татах импульс 20Н-с, дундаж татах хүч 10Н, түлшний шатах хугацаа-2,0 с гэсэн үзүүлэлттэй хөдөлгүүр хийж туршлаа, ийм бүтэцтэй хатуу түлштэй хөдөлгүүрийг Арабын хууль бус бүлэглэл Кассам загварын пуужинд хэрэглэдэг.

Энэ бүлэгт АНУ-д пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэдэг технологийн судалгаанаас гадна хатуу түлшний бүтцийн бодисууд, тэдгээрийг хэрэглэх, гарган авах арга, зориулалт, загварчлал, хольцын өөрчлөлтөөс үүсэх саатал, гэмтэл, тэдгээрийг арилгах аргачлал зэргийг нэлээд дэлгэрэнгүй тусгалаа. Химийн үйлдвэр өндөр хөгжсөн оронд ашиглаж байгаа полимерууд, түүнтэй төсөөтэй бодисуудын шинж чанар, хими, физик баллистик үзүүлэлтийн тооцоо хийх арга нь манай оронд хэрэглэхэд нэн ач холбогдолтой юм, учир нь тэдгээр урвалж бодисын түүхий эд манайд элбэг байдаг. Тухайлбал, барьцалдуулагч бодисын зориулалтаар ашигладаг полимерын оронд модны давирхай зэрэг цавуулаг бодисыг хэрэглэж болохыг туршиж үзэхэд хатуу түлшний шаталтыг сайн дэмжиж байлаа.

Хатуу түлшийг байрлуулж тийрэлтэт хүч үүсгэдэг гол элемент нь пуужингийн хөдөлгүүр тул түүний их бие, цорго, шаталтын камерыг үйлдвэрлэхэд шаардагдах материалын судалгаа хийж түүнд тавигдах шаардлага, шинж чанар, өндөр температурын нөлөөлөл, дулааны хамгаалалт хийх аргыг тусгалаа.

ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. ХАТУУ ТҮЛШНИЙ ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙХ АРГА

4.1. Хоёр исэлдүүлэгчтэй хатуу түлшний шинжилгээ

Бид төслөө хэрэгжүүлэх туршилт судалгааны ажлыг гүйцэтгэхдээ олон улсад болон ОХУ-д хатуу түлшийг шинжилдэг багаж тоног төхөөрөмж, аргачлал, туршлагыг судлах зорилт тавьж өөрийн орны нөхцөлтэй харьцуулж үзлээ. Дараахь туршлагыг онцолж үзлээ. Бийск хотын техникийн их сургууль дээр аммоны перхлорат ба нитрат гэсэн 2 исэлдүүлэгч мөн маш жижиг ширхэгтэй хөнгөн цагааны нунтаг агуулсан пуужингийн хатуу түлшний шинэ төрлийг асаах болон дулааны задралын шинж төлөвийг шинжлэх туршилт судалгааны ажил гүйцэтгэж тодорхой үр дүнд хүрчээ. Туршилт хийсэн хольцот түлшний шаталтын бүтээгдэхүүнийг задлан шинжлэхэд аммоны перхлоратыг аммоны нитратаар (НА) солиход дулааны задралын температур буурч байгаа нь ажиглагдсан¹¹¹. Орчин үеийн хольцот хатуу түлшний исэлдүүлэгч нь NH_4ClO_4 аммоны перхлорат (ПХА) бөгөөд түүнийг NH_4NO_3 аммоны нитраттай хольж хэрэглэж байна. Тийм хольцот хатуу түлшний (ХХТ) шаталтын бүтээгдэхүүн маш их хортой хлорт бодисуудыг ялгаруулдаг. ХХТ-ийн хортой бодисыг багасгах зорилгоор аммоны перхлоратын оронд нитратыг хэрэглэх, эсвэл холих аргыг ашиглаж байна. ПХА+НА гэсэн 2 исэлдүүлэгчтэй ХХТ түлш нь зөвхөн ПХА-тай түлшнээс баллистик үзүүлэлтээр бага байдаг боловч НА хямд, олдоц ихтэй, шаталтын бүтээгдэхүүнд нь хлор байдаггүй давуу талтай, байгаль орчинд хор аюул багатай, хямд үнэтэй ХХТ үйлдвэрлэх бололцоо өгдөг¹¹². Хатуу түлштэй пуужингийн даялалын хөдөлгүүрийн гол үүрэг нь энергийн өндөр үзүүлэлтийг хангах шаардлагатай, өөрөөр хэлбэл, хувийн татах хүч буюу хөдөлгүүрт үүсэх татах хүчийг түлшний жингийн секундын зарцуулалтад харьцуулсан харьцаа өндөр байх ёстой. Татах хүчний хэмжээ түлшний шаталтын температуртай шууд хамааралтай байдаг тул ХХТ-ийн энергийн үзүүлэлтийг өсгөх зорилгоор түүний бүтцэд 18% хүртэл хэмжээгээр металлын нунтаг, гол төлөв хөнгөн цагааны нунтагийг хольдог. Хөнгөн цагааны нунтагийн шатах температур бусад шатагч бодисоос илүү байдаг, 3800 К хүрдэг. Полимер шатагч бодис, 2 исэлдүүлэгчтэй ХХТ-ийг асаах, шаталт явагдах үйл явц, дулааны задралын үр дүнг шинжлэх, шаталтын бүтээгдэхүүнд хлорт бодис ялгарч байгаа эсэхийг тодорхойлохын тулд Унгар улсад үйлдвэрлэсэн дериватографыг ашиглан дулааны дифференциал шинжилгээ ДТА, термогравиметр ТГ багажуудаар шинжилгээ хийж үзүүлэлтүүдийг тодорхойлно. Шинжлэх загвараа харьцуулж судлах (дулаанд тогтвортой хөнгөн цагааны исэл Al_2O_3) загвартай хамт 10 К/мин хурдтай 293-аас 723 К хүртэл ө.х. химийн бүрэн урвал явагдах хүртэл халааж, туршилтын явцад шинжлэж байгаа загварын Т ба стандартын харьцуулж байгаа загварын Т_n температурыудыг тэмдэглэнэ. Мөн халаах хугацаанд шинжлэж байгаа загварын жингийн өөрчлөлтийг тодорхойлно. $\Delta m/m_0$ 100%

Уран-1 эсвэл Уран-2 төхөөрөмжөөр хугацааг, зэс калориметрээр дулааны урсгалын идэвхжилийн хэмжээг тодорхойлно. Дараах зурагт багажийг харуулав.

¹¹¹ . Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа. –М.: Мир, 1989. – 608 с.

¹¹² . Brown M.E. Introduction to Thermal Analysis. Techniques and Applications 2nd ed. – Kluwer, 2001. – 310 p.



4.1 дүгээр зураг. Цахилгааны хэмжилтийн багаж Уран-1, Уран-2.



4.2 дугаар зураг Зэс калориметр

Туршилтын дүн

2 исэлдүүлэгчтэй ХХТ-ний дулааны шинжилгээ.

ПХА, НА бодисуудыг янз бүрийн хэмжээтэй хольж хийсэн 5 төрлийн ХХТ-ний загвар дээр туршилт хийсэн, түүний хэмжээг 4.1 дүгээр хүснэгтэд тусгав. Загварын жин $m_0 = 200$ мг, ердийн холих аргаар бэлтгэсэн, (шахуургаар шахаагүй), ПХА 50...100 мкм, мөн НА тийм хэмжээтэй хэсгээс бүрдсэн, савлалтын нягт- 1,73...1,95 г/см³.

4.1 дүгээр хүснэгт

Исэлдүүлэгчийн бүтэц

Загварын дугаар	ПХА, %	НА, %
1	100	0
2	99	1
3	96	4
4	80	20
5	0	100

Туршилтын дүнгээс харахад ПХА-д 1...20% НА нэмэхэд исэлдэх анхны температур буурч байна. Химийн хувирал 683 К-д дуусна. 96% ПХА +4% НА бүтэцтэй хольцны дулааны задралын эхний температур 45 К бага болж байна. 80% ПХА + 20% НА хольцных 80 К температураар багасаж химийн хувирал 553 К-д дуусна. Түүний шалтгаан: НА задрахад азотын исэл ялгарч ПХА-г задлах идэвхжүүлэгч болдог. Түүний үр дүнд исэлдүүлэгчийн задрах урвал бага температурын мужид шилжинэ.

Хольцот хатуу түлшний дулааны задрал¹¹³

40,8% ПХА +27,2 % НА хольцтой 2 исэлдүүлэгчтэй янз бүрийн хэмжээтэй хөнгөн цагааны нунтаг (Al_{ex} загвар №6, АСД4 загвар № 7) агуулсан ХХТ-ний загварыг шинжилсэн. Хөнгөн цагааны нунтагын дундаж хэмжээ АСД4 $d_{43}=8.57$ мкм; Al_{ex} $d_{43}=0,13$ мкм. Шатагч, барьцалдуулагч полимер бодис СКДМ80 инертийн каучик-27% Загварын ХХТ-ний исэлдүүлэгчийн үлдэгдлийн итгэлцүүр 0,354. Туршилтыг атмосферийн даралтад задгай агаарт хийнэ. Дифференциал дулааны шинжилгээг Унгар улсад үйлдвэрлэсэн Q-1500D дериватографаар хийсэн. Загвар тус бүрийг халаах хурд 5 К/мин. Тэдгээрийн нэг бүрийн жин 0,1г. Туршилтын дүнг 4.2 дүгээр хүснэгтэд тусгалаа. 473 К хүртэл 2 загвар хоёулаа бараг адилхан задарч байв. Al_{ex} агуулсан ХХТ 483К температурт хүчтэй задарч эхэлсэн. Энэ нь цэвэр ПХА агуулсан ХХТ-ээс бага юм(түүний T_{bid} 563 К).



4.3 дугаар зураг. ДТА шинжилгээний багаж Q-1500D

Цилиндр загварыг 1,28 Н хүчээр халуун хавтанд шахна. Хавтаны гадаргуу дээрх температур 663 ... 783 К хооронд өөрчлөгдөж байсан. Туршилтын дүнг 4.2 дугаар хүснэгтэд тусгав.

¹¹³ У. Уэндландт, Термические методы анализа./ Пер. с англ. под редакцией В. А. Степанова и В. А. Берштейна - Издательство «Мир» , 1978. – 527 с.

4.2 дугаар хүснэгт

Асалт явагдах хугацаа гадаргууны температурын хамаарал, сек

Загвар	688 К	677 К	698 К	723 К	741 К	783 К
6	13,0	6,5	4,2	2,2	1,8	1,2
7	14,5	7,4	5,0	2,7	2,0	1,6

Судалгаанаас харахад Al_{ex} агуулсан ХХТ нөгөө түлшнээс хурдан асч байгаа нь ажиглагдсан. НА-ыг түлшинд холиход ПХА –тай түлшний асах температурыг багасгаж байна. Уран-1 төхөөрөмж дээр ХХТ –ийг цацрагаар халаахад мөн тийм байдал харагдсан.

Шаталтын бүтээгдэхүүний шинжилгээ

Туршилтыг 200 мм диаметртай 400 мм өндөр тогтмол даралттай бөмбөгийг шаталтаас үүсэх бүтээгдэхүүнийг цуглуулах кварцан саван дээр байрлуулж хийнэ. Сав нь даралтыг тохируулдаг хаалттай, огцом өссөн даралтыг багасгаж хийн бүтээгдэхүүнийг хуримтлуулан судлах бололцоогоор хангана . Нүхэлж хатууруулдаг аргаар бэлтгэсэн 10 мм диаметртай 35 ... 40 мм өндөр цилиндр хэлбэртэй ХХТ-ний загварыг шатаана. Шинжилсэн ХХТ-ний бүтэц цэвэр ПХА ба 2 исэлдүүлэгч ПХА+НА. 50 мкм, түүнээс бага хэмжээтэй жижиглэсэн ПХА, харин 100 мкм жижиг хэсэгтэй НА, тухайн хольцны исэлдүүлэгчийн үлдэгдлийн итгэлцүүр 0,43, шатагч барьцалдуулагч бодисоор дулаанд тэсвэртэй бутилкаучикийг хэрэглэсэн. Бөмбөгөнд түлшийг хийхдээ үүсэх шаталтын бүтээгдэхүүнийг цуглуулах саванд орохоор байрлуулж шатаана. Цуглуулсан бүтээгдэхүүнээ тогтмол жинтэй болтол нь хатааж, нүүрс, хөө, усанд уусдаг хольц-аммоны хлорид зэргийг тодорхойлно. Шаталтын бүтээгдэхүүнд байгаа бодисын жинг томъёогоор тодорхойлно: Жинг 0,002 г нарийвчлалтай хэмжих хэрэгтэй.

$$z = \frac{m_3 - m_2}{m_1} \cdot 100\%$$

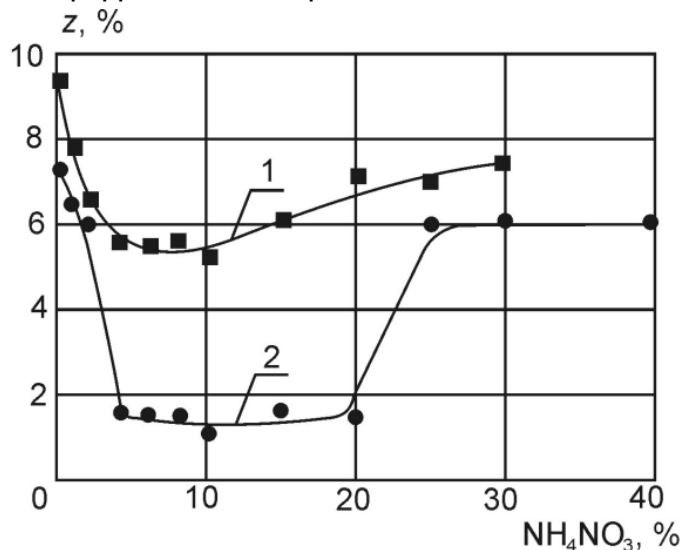
Эх сурвалж 58–д туршилт хийх аргыг дэлгэрэнгүй тусгасан. Хөдөлгүүрт гол төлөв байдаг 2 ба 6 МПа даралтад шаталтыг хийж дүнг 4.3 дугаар хүснэгт, 4.4 дугаар зурагт тусгав. z хэмжигдэхүүнийг тодорхойлох харьцангуй алдаа нь магадлал 95 % үед 10% хувиас хэтрэхгүй.

4.3 дугаар хүснэгт

Шаталтын бүтээгдэхүүний бүтэц

Бүтэц	хэмжээ,%	P=2 МПа	P=2 МПа	P=6 МПа	P=6 МПа
ПХА	НА	Хөө	NH ₄ Cl	Хөө	NH ₄ Cl
100	0	57,0	43,0	46,0	54,0
96	4	40,0	60,0	30,0	70,0
90	10	38,0	62,0	30,0	70,0

Исэлдүүлэгчид 4 ... 10% НА холиход 2 МПа тогтмол даралттай бөмбөгөнд үүсэх шаталтын бүтээгдэхүүний хатуу бодисын хэмжээг 70%, харин 6 МПа даралттай үед 4,9 дахин бууруулж байна. Исэлдүүлэгчид 4 % НА нэмэхэд хатуу биет үүсэх хэмжээг эрс бууруулна. 10 % хүртэл тэр хэмжээнд байна. Харин 10 % хувиас илүү нэмэхэд хатуу биет үүсэх хэмжээ нэмэгдэнэ. НА задрахад азотын исэл үүсч тэр нь эхлээд бага хэмжээтэй байхдаа ХХТ шаталтыг дэмжиж, задралыг идэвхжүүлэгч болдогоор үүнийг тайлбарлана.



4.4 дүгээр зураг. 2-6 МПа даралттай үед НА-ын хэмжээнээс хамааран үүсэх хатуу биетийн хэмжээ өөрчлөгдөх график

Хэрэв НА-ын хэмжээг нэмэгдүүлбэл үүсэх азотын ислийн хэмжээ ихсэж түүний идэвхжүүлэх чадвар буурна. НА-ын хэмжээг 10% хувиас их холиход түлшний дутуу шаталт болох буюу хатуу биет үүсэх нь нэмэгдэнэ. 6 МПа даралттай үед улам их мэдэгдэх болно. Учир нь даралт өсөхөд урвалын температур, хурд нэмэгддэг зүй тогтол үйлчилнэ. Хатуу түлшний шаталтын бүтээгдэхүүнд үүсэх хлор агуулсан хийн бодисын хэмжээг Астра програмаар тодорхойлдог. Исэлдүүлэгчийн хэмжээнээс ХХТ-ний шаталтын бүтээгдэхүүнд үүсэх хлор агуулсан бодисын өгөгдөхүүнийг 4.4 дугаар хүснэгтэд тусгав.

4.4 дүгээр хүснэгт

Шаталтын бүтээгдэхүүн дэхь хлор агуулсан бодис

Бодисын нэр	ПХА	90% ПХА+10% НА
HCl	29,860	26,360
Cl ₂	0,920	0,180
ClO	0,005	0,002
HClO	0,030	0,020
	30,815	26,562

Тодорхой хэмжээний ПХА –ыг НА-оор солиход шаталтын бүтээгдэхүүнд үүсэх

хатуу биетийн хэмжээг багасгахаас гадна хлор агуулсан бодисын хэмжээг нийт дүнгээр 15% бууруулна. Туршилтын дүнгээс харахад пуужингийн хольцот хатуу түлшинд аммоны перхлоратыг аммоны нитратаар 10% хүртэл хэмжээгээр солих нь 2 исэлдүүлэгчтэй хатуу түлшийг хэрэглэх бололцоог өгнө.

Дүгнэлт:

1. Аммоны перхлорат, нитрат дээр суурилсан 2 исэлдүүлэгчтэй хөнгөн цагааны жижиг нунтаг агуулсан хольцот хатуу түлшний асах болон дулааны задралын шинж чанар, зүй тогтолыг шинжилсэн.

2. Дараах зүй тогтолыг баталлаа:

- Аммоны перхлоратад 1 ... 20 % жинтэй аммоны нитратыг 2 исэлдүүлэгчийн дулааны задралын эхлэх температурыг багасгана;

- 2 исэлдүүлэгчтэй хольцот хатуу түлшний дулааны задралын температур дан ганц цэвэр аммоны перхлораттай түлшнээс бага;

- Хөнгөн цагаантай хольцот хатуу түлшний асах хугацаа хөнгөн цагааны нунтагын жижиг хэсгийн хэмжээ багасгахад богиносоно;

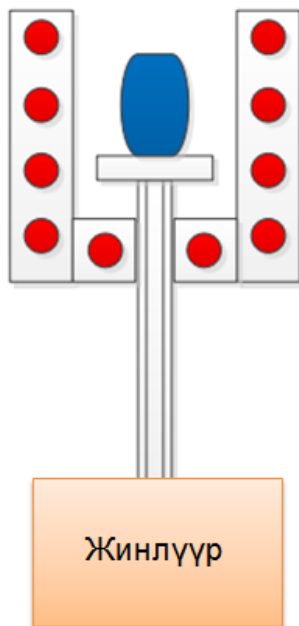
- Аммоны перхлораттай хатуу түлшинд жингийн 10% хүртэл хэмжээгээр аммоны нитратыг (перхлоратыг солих замаар) нэмэхэд хлорт бодис болон хатуу биет үүсэх нь эрс багасна.

- Камерийн даралт 2 ... 6 МПа хэмжээнд нэмэгдэхэд шаталтын бүтээгдэхүүн дэхь хатуу биет үүсэх нь илүү хүчтэй болж байна. Энэ нь даралт нэмэгдэхэд химийн урвалын хурд, шаталтын температур, бүрэн шаталт хамааралтайг нотолж байна.

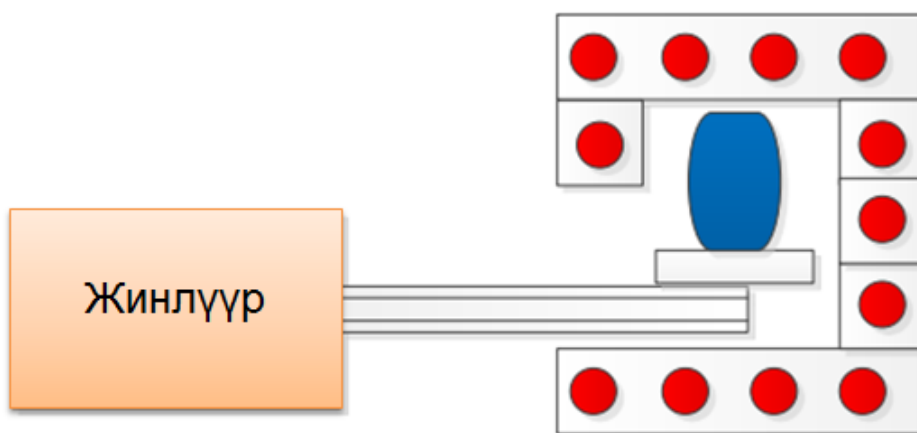
3. Хатуу түлшний хувийн импульс, шаталтын бүтээгдэхүүний дээд температурыг хамгийн бага өөрчлөж перхлорат аммоныг исэлдүүлэгчийн жингийн 10%-д аммоны нитратаар солиход хлор агуулсан бодисыг бууруулж болохыг нотоллоо.

4.2. Термогравиметрийн шинжилгээ хийх аргачлал

Термогравиметр гэдэг нь тухайн эдлэл, загварын жин температураас хамааран өөрчлөгдөхийг хэмждэг дулааны шинжилгээний арга юм. Бодисын бүтэц, дулаанд тэсвэртэй байдал анхны үед, явцад, төгсгөлд хэрхэн өөрчлөгдөхийг шинжлэнэ. Хими, физикийн хувиралд тухайн бодис орох үед ууршигч бодис ялгаруулдаг загварыг шинжлэхэд энэ аргыг хэрэглэнэ. Термогравиметрийн шинжилгээнд загварыг халаах, хөргөх үед түүний жинг тасралтгүй тодорхойлох зориулалттай дулааны жинлүүрийг хэрэглэнэ. 4.5 дугаар зурагт харуулав.



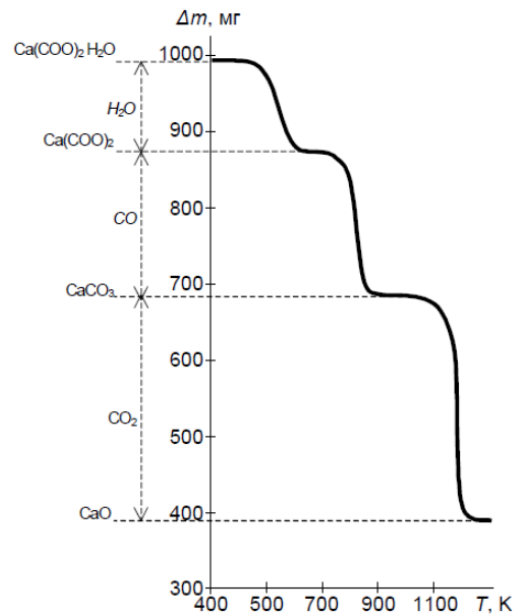
4.5 дугаар зураг. ТГ шинжилгээний босоо төхөөрөмжийн жинлүүр



4.6 дугаар зураг. ТГ шинжилгээний хэвтээ төхөөрөмжийн жинлүүр

Дулааны жинлүүрийг ашиглах арга

Жинлүүр дээр байрлуулсан тусгай саванд шалгах бодисоо хийнэ. Дараа нь саваа цахилгаан зуухаар аажим халааж түүний температурыг жигд нэмэгдүүлнэ. Зуухны температурыг түүн дээр байрлуулсан дулааны хэмжигчээр хэмжинэ. Хэмжигчийн үзүүрт милливольтметрийг залгасан байна. Тодорхой хугацаанд, тухайлбал, 5 ... 10 К тутамд загварынхаа жинг хэмжинэ. Дараах зурагт хэмжилтийн дүнг харуулав.



4.7 дугаар зураг. Кальцийн оксалатын термогравиметрийн муруй

Энэ зурагт кальцийн оксалатыг шинжилсэн дүнг харууллаа. Судалж байгаа бодисын жингийн өөрчлөлтийг шаталсан халаалтын аргаар шинжилж муруйг байгуулдаг арга хялбар байдаг. Үүний тулд нэг боодол шинжлэх бодисыг янз бүрийн температурт (100°C, 200°C, 300 °C г.м) тогтмол жинтэй болтол халааж жинг хэмжинэ. Гарган авсан дүнгээр жингийн өөрчлөлтийн муруйг байгуулна.

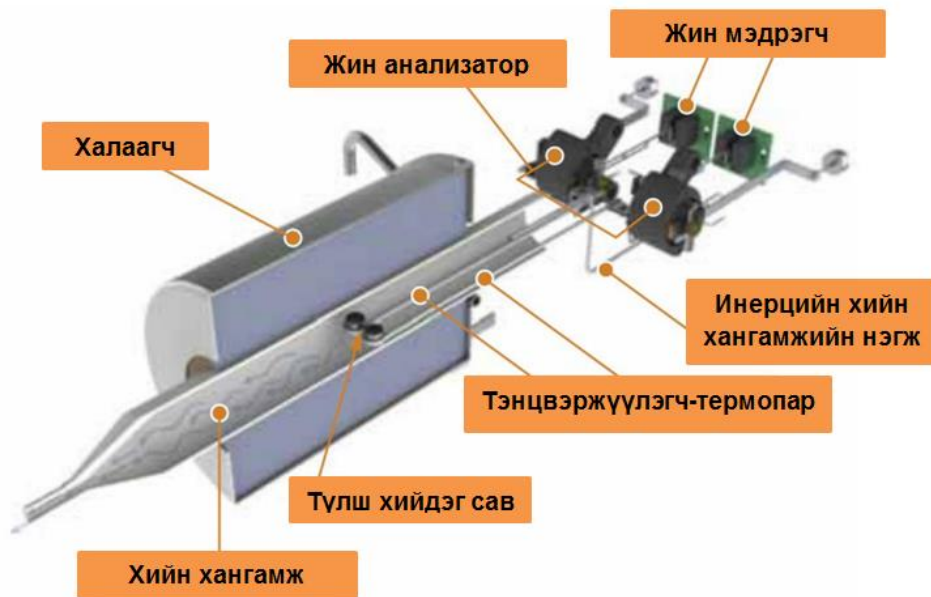
4.3. Дулааны дифференциал шинжилгээний арга

Температураас хамааралтай ямар нэг системийн хими, физикийн шинжилгээ хийхэд дулааны төрөл бүрийн шинжилгээний аргыг хэрэглэдэг. Үүнд термогравиметр ба калориметрийн аргууд орно. Термогравиметр нь бодисын жинг, калориметр дулааны хэмжээг тодорхойлно.



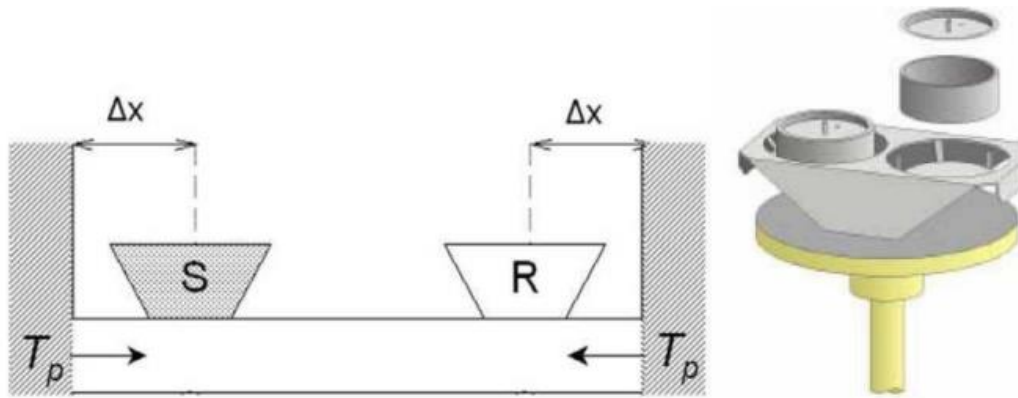
4.8 дугаар зураг. Дулааны шинжилгээний багаж SDT-Q600

Дулааны дифференциал арга (ДТА) шинжлэх болон харьцуулах загвараа нэг зэрэг халааж, эсвэл хөргөн температурын зөрүүг тодорхойлох арга юм. Температурын өөрчлөлтөөс бодис хайлах, бүтэц өөрчлөгдөх, уурших, задрах, исэлдэх, сэргээх урвалд орох зэрэг олон хувиралд орно.



4.9 дүгээр зураг. SDT-Q600 багажын дотоод бүтэц

Урвалын үйлчлэлээр бодис ба загвар нь дулааныг шингээх, эсвэл ялгаруулж хоорондоо өөр өөр температуртай болдог. Энэ зөрүүг багажаар тодорхойлохын тулд шинжлэх бодисын болон харьцуулах загварын дулааныг хэмжих багажыг өөд өөдөөс нь харуулж байрлуулна. Дифференциал аргын багаж маш өндөр мэдрэх чадвартай байдаг тул өчүүхэн ч жинтэй (хэдэн мг) загварыг шинжлэх боломжтой. 2 үүрнээс гарсан туршилтын дохиог (S ба R) нэгэн зэрэг хэмжинэ.



4.10 дугаар зураг. Дулааны дифференциал шинжилгээний хэмжилтийн бүдүүвч

T_p -халаагчийн температур

ДТА муруйн оройн талбай загварт болон түүний жинтэй уялдах дулааны өөрчлөлттэй шууд хамааралтай байдаг. ДТА шинжилгээ зөвхөн суурь шинжлэх ухааны судалгаанд төдийгүй хэрэглээний шинжлэх ухаанд чухал ач холбогдолтой.



4.11 дүгээр зураг. Савны температур, жин хэмжих бүдүүвч

ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ

Судалгааны ажлын үр дүнд гарган авсан хатуу түлшний шинж чанарыг лабораторын нөхцөлд зохих шинжилгээнүүдийг хийж хими, физик, баллистик үзүүлэлтүүдийг тодорхойлон бүтэц, бодисын сонголт, технологийн ажиллагааг шинжлэн тухай бүр өөрчлөлтийг хийж сайжруулах арга хэмжээ авлаа .

ШУА-ийн хими, хими технологийн хүрээлэн, Монгол-ОХУ-ын хамтарсан Монмаг уул уурхайн компаны төрөлжсөн лабораторуудад байгаа багаж тоног төхөөрөмж болон өөрийн лабораторт байгаа багаж хэрэгслээр шинжилгээнүүдийг хийлээ. Тухайлбал, аммоны нитрат (НА), хүхэр, хөнгөн цагааны орцын хэмжээг өөрчлөхөд дулааны задралын температур буурч байснаас гадна тийрэлтэт хүчний хэмжээ, шатах хугацаа шаардлагын хэмжээнд хүрэхгүй байлаа. Зэс калориметрийн тусламжаар хатуу түлшний оч үүсэх буюу асах температурыг, дериватограф багажаар дулааны дифференциал шинжилгээг хийж, термогравиметрийн аргаар түлшний жин температурын хамаарлыг тодорхойллоо.

Хатуу түлштэй пуужингийн даялалын хөдөлгүүрийн гол үүрэг нь энергийн өндөр үзүүлэлтийг хангах шаардлагатай, өөрөөр хэлбэл, хувийн татах хүч буюу хөдөлгүүрт үүсэх татах хүчийг түлшний жингийн секундын зарцуулалтад харьцуулсан харьцаа өндөр байх ёстой. Татах хүчний хэмжээ түлшний шаталтын температуртай шууд хамааралтай байдаг тул ХХТ-ийн энергийн үзүүлэлтийг өсгөх зорилгоор түүний бүтцэд 18 % хүртэл хэмжээгээр металлын нунтаг, гол төлөв хөнгөн цагааны нунтагийг хольдог. Хөнгөн цагааны нунтагийн шатах температур бусад шатагч бодисоос илүү байдаг, 3800 К хүрдэг. Шинжлэх загвараа харьцуулж судлах (дулаанд тогтвортой хөнгөн цагааны исэл Al_2O_3) загвартай хамт 10 К/мин хурдтай 293-аас 723 К хүртэл ө.х. химийн бүрэн урвал явагдах хүртэл халааж, туршилтын явцад шинжлэж байгаа загварын Т ба стандартын харьцуулж байгаа загварын T_n температуртай харьцуулж судлана. Хатуу түлшний бүтцийн үндсэн бодис болох аммоны нитратын хэмжээг өөрчлөхөд температур хэрхэн өөрчлөгдөхийг тухай бүр хэмжиж график байгуулан шинжилгээний үр дүнг харьцуулах аргыг хэрэглэхийг зөвлөж байна.

ТАВДУГААР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН

5.1. Монгол орны түүхий эдийн судалгаа

Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшийг эх орондоо үйлдвэрлэх нь ирээдүйд тухайн сум, пуужинг үйлдвэрлэх эх суурийг тавихаас гадна зэвсэг, галт хэрэглэлийн стратегийн нөөцийг бүрдүүлэх, бий болсон одоо байгаа нөөцөө хэмнэх, тэдгээрийг шинэчлэх, зарим зэвсэглэлээс хасагдсан хуучин загварыг галт хэрэглэлээр хангаж болзошгүй тохиолдолд ашиглах нөхцлийг бүрдүүлэх, байлдааны хичээл сургууль, дадлагад хэрэглэх сургалтын гранат, пуужин, загварын нисэх хэрэгсэл, нисгэгчгүй нисэх аппарат, дрон, эрдэм шинжилгээ, туршилтын материаллаг баазыг бүрдүүлэх лабораторын багаж тоног төхөөрөмжийг бий болгох, байнгын хэрэглээнд ашиглах, бусад төрлийн зэвсэг, галт хэрэглэлийг гадаадаас худалдан авахад солих хагас боловсруулсан бүтээгдэхүүнийг болон улс ардын аж ахуй, ард иргэдийн хэрэгцээнд зориулсан давхар зориулалтын эд хэрэгсэл, ангийн сум, дарин бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх бололцоог бүрдүүлнэ. Тийм учраас ашигт малтмал, түүхий эдийн нөөцийн судалгааг зөвхөн дарь, тэсрэх бодис, тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшний түүхий эдээр зогсохгүй бүх төрлийн ашигт малтмалын нөөцийг судлах нь эх орны хөгжилд үнэтэй хувь нэмэр болохоос гадна ирээдүйн судлаачидад ач холбогдолтой өгөгдөхүүн болно.

Монгол орны ашигт малтмалын нөөц, эрдэс бодис зэвсэг, галт хэрэглэл, дарь, тэсрэх бодис, тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэх эх орны үндсэн түүхий эд, гарааны үндсэн өгөгдөхүүн болох учир эрдэм шинжилгээ, судалгааны ажилдаа хэрэглэж, гарган авах, ашиглах арга зүйг боловсруулан үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх хэрэгтэй. Нэгэн цагт Чингисийн Монгол гэдгээрээ дэлхийд танигдсан Монгол Улс эдүгээ ашигт малтмалын арвин нөөцөөрөө дэлхий нийтийн анхаарлыг татаж байна. Монгол Улсын нутаг дэвсгэр дээр өнөөгийн байдлаар 80 гаруй төрлийн ашигт малтмал бүхий 1000 гаруй орд газар тогтоогдоод байна. Монгол Улсын ашигт малтмалын тогтоогдсон нөөц:

- 20.6 тэрбум тонн нүүрс
- 84.1 сая тонн зэс
- 1.08 тэрбум тонн төмөр
- 2.4 мянган тонн алт
- 18.1 сая тонн хар тугалга
- 332,6 сая тонн газрын тос

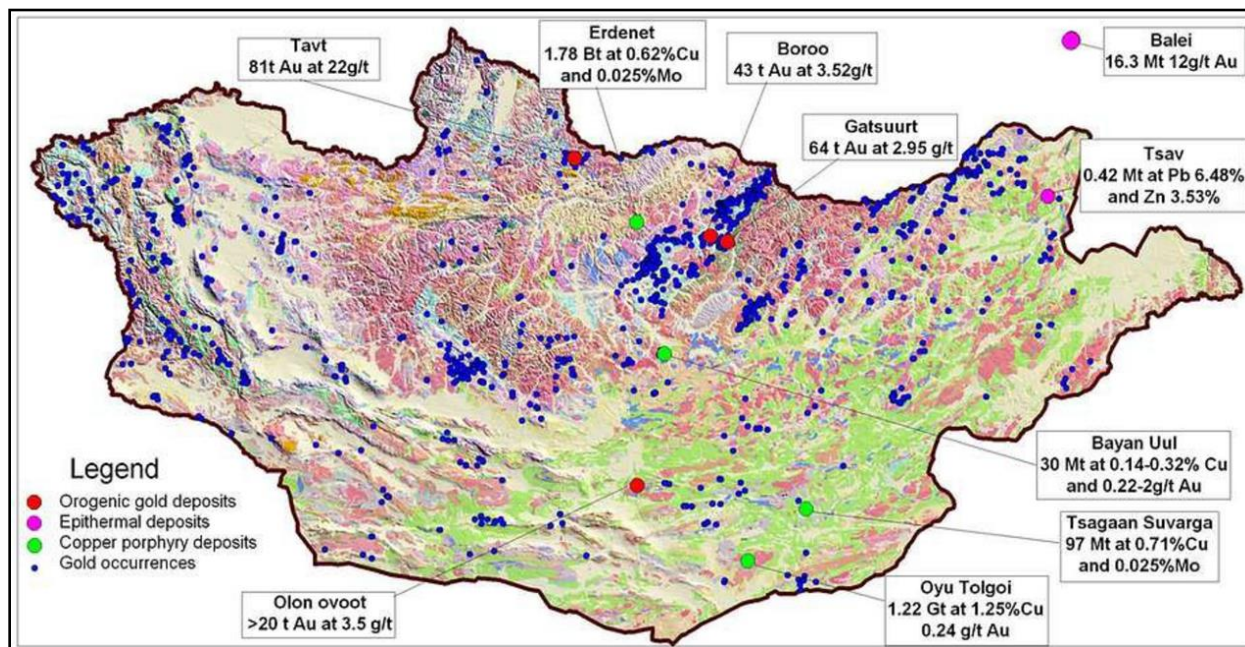
Түүнчлэн Монгол Улс газрын ховор элементийн нөөцөөрөө дэлхийд дээгүүрт ордог. Уламжлалт уул уурхайгаас гадна шатдаг занарын олборлолт, нүүрсийг хийжүүлэх болон шингэрүүлэн боловсруулах зэрэг уул уурхайн шинэ чиглэл салбарууд эрчимтэй хөгжиж байна.

Frazer институтын гаргасан судалгаагаар Монгол Улс ашигт малтмалын индексээрээ дэлхийд тэргүүлж байна.

Манай улсын хувьд ашигт малтмалын бүтээгдэхүүний экспорт 2002 оны байдлаар нийт экспортын 50 орчим хувийг эзэлж байсан бол . Өнөөдөр Монгол Улсын нийт экспортын 94 хувийг ашигт малтмал дангаараа эзэлж байна.

Саяхан “Ernst&Young” групп нөөцөөрөө хамгийн их байгаа Монголын 15 эрдэс баялгийн түүхий эдэд үнэлгээ хийсэн нь хэвлэл мэдээллүүдээр гарсан. Тэнд дурдсанаар бол Монгол 306 тэрбум ам.долларын зэс, 128 тэрбумын нүүрс, 62 тэрбумын алт, 30 тэрбум ам.доллараар үнэлэгдэх төмрийн хүдэртэй. Тэрчлэн фосфор 28, цайр 16, уран 4.1, мөнгө 2 тэрбум ам.доллар гэхчлэн үргэлжилнэ. Нийт нөөцийг олон улсын судлаач, эдийн засагчид дунджаар 1.3 их наяд ам.доллар хэмээн үнэлсэн байх юм билээ.

Монгол орны ашигт малтмалын тогтоогдсон нөөц: Цэргийн зэвсгийн галт хэрэглэлийн гуулин хонгионы 65-70 хувийг зэс бүрдүүлдэг.Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшний цэнэгийг байрлуулдаг эд анги, хөдөлгүүр, бусад олон хэрэгслийг гуулиар үйлдвэрлэдэг. Монгол Улсын цэвэр зэс олборлолт 2020 он гэхэд нэг сая тоннд хүрнэ хэмээн төсөөлж байгаа. Тухайн үед Оюу толгой 775, Эрдэнэт 135, Цагаан суваргын ордоос 70 мянган тонн цэвэр зэс гарах баяжмал үйлдвэрлэх юм. Уулын баяжуулах “Эрдэнэт” үйлдвэр манай улсын эдийн засгийн 20 гаруй хувийг бүрдүүлдэг. Тус үйлдвэрийн ашиглаж буй Эрдэнэтийн овоо ордын нөөц хүдрийн нөөц нь 1.060.367 сая тонн. Зэсийн нөөц нь 4.632 сая тонн бөгөөд 125.414 тонн молибдений нөөцтэй. Дээрх нөөцөө 25 жил ашиглана хэмээн тооцож байна. Монгол оронд гуулийн үндсэн түүхий эд болох цайрын 6 орд, 19 илрэл олноод байна. Дэлхийн нийт цайрын нөөц 460 сая тонн, үүнээс Монгол Улсад 5,9 тонн. Одоогоор Сүхбаатар аймагт байдаг Төмөртэйн овооны цайрын ордыг “Цайрт минерал” ХХК ашиглаж байна. Энэ ордын уулын баяжуулах үйлдвэр жилд 350-400 мянган тонн хүдэр олборлож, 50 хувийн агуулга бүхий 70,0 мянга орчим тонн цайрын баяжмал үйлдвэрлэж байна¹¹⁴.



5.1 дүгээр зураг. Монгол орны зэсийн ордын илрэлүүд

¹¹⁴ <http://investmongolia.gov.mn>. Ашигт малтмалын нөөцөөрөө дэлхийд тэргүүлэгч. 2019 он

Зэвсэгт Хүчний сум, галт хэрэглэлийн нөөцийг арвижуулах, хэмнэх, тактикийн болон байлдааны буудлагатай хээрийн сургууль, хичээл, сургалтад хэрэглэх сум, гранат үйлдвэрлэх нь нэн тэргүүний хойшлуулшгүй зорилт болж байгаа эрин үед үйлдвэрүүдийг хорших, чанар, үр ашгийг нэмэгдүүлэх, цэрэг, иргэний зориулалтаар бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх, ашигт малтмал, түүхий эдийн нөөцийг үр дүнтэй ашиглах эрдэм шинжилгээ, судалгааны ажил гүйцэтгэж хэрэгжүүлэх нь чухал байна.

Асар уудам нутагтай байгалийн их баялагтай Монгол оронд уул уурхай, ашигт малтмал, эрдэс бодис, газрын тосны үйлдвэрүүд хөгжих эх суурь тавигдаж байна. Эдгээр үйлдвэрүүдээс гарах хоёрдогч бөгөөд илүүдэл хаягдал бүтээгдэхүүнүүдийг эх орныхоо батлан хамгаалах үйлсэд, тухайлбал зэвсэг, техникийн шинэчлэл, бүтээн байгуулалт, үйлдвэрлэлд хэрэглэх зарим бололцоо байгааг би судалгааны ажлаараа нотлох зорилт тавьсан юм. Монгол орны эдийн засгийн хөгжлийг улам өндөр түвшинд хүргэхэд уул уурхайн олборлолт чухал ач холбогдолтой, гэтэл олборлолтыг нэмэгдүүлэхэд уул уурхайн тэсрэх бодисын хангалт хүрэлцдэггүй бөгөөд цэвэр бүтээгдэхүүн гаргахад гол үүрэгтэй хүхрийн хүчлийн үйлдвэр манай оронд байдаггүй. Саяхан засгийн газар тооцоо хийж одоогийн хэрэгцээнд шаардлагатай хүхрийн хүчлийн үйлдвэр байгуулахад 720000 тонн хүчил илүү гарна, яах вэ гэсэн асуудал дэвшүүлж байлаа.

Тухайлбал, Эрдэнэт, Оюу толгой, Цагаан суварга зэрэг үйлдвэрүүд цэвэр зэс боловсруулах үед их хэмжээний хүхрийн хүчил илүүдэл хаягдал болон гардаг. 300,000 тонн цэвэр зэс үйлдвэрлэхэд 1 сая тонн хүхрийн хүчил хаягдал болон гарна¹¹⁵. Тэр нь дарины үйлдвэрийн үндсэн бөгөөд хамгийн гол чухал түүхий эд болно. Дарь, тэсрэх бодисыг үйлдвэрлэхэд анхдагч бодисыг нитратжуулан тэсрэх, шатах шинж чанартай болгоно. Үүнд хүхрийн болон азотын хүчил гол үүрэгтэй. Тухайлбал, толуолыг нитратжуулж, динитротолуол, целлюлоз- нитроцеллюлоз, глицерин- нитроглицерин гарган авна. Эрдэнэтэд сулруулсан хүчлийн нуур бий болсныг бүгд мэднэ. Орчин үед газрын тос боловсруулах олон олон үйлдвэрүүдийн ТЭЗҮ, төсөл, хөтөлбөр батлагдаж хэрэгжүүлэх шатандаа явж байна. Газрын тос боловсруулахад их хэмжээний бензол гарна. Түүнийг нэрж бензин гарган авдаг бөгөөд илүүдэл бензол зохих хэмжээгээр хаягддаг. Түүнийг нитратжуулж, хүчтэй тэсрэх бодис болох пикриний хүчлийг гарган авахаас гадна динитробензол нь өөрөө тэсрэх бодис болдог. Бензол нь хатуу түлшний барьцалдуулагч бодис юм

Монгол оронд биодизель түлшний нэлээд үйлдвэр туршилтын журмаар ажиллаж байна. Тэдгээр үйлдвэрүүдээс их хэмжээний глицерин илүүдэл хаягдал бүтээгдэхүүн болон гардаг. Түүнийг дахин нэрж цэвэршүүлэн зохих стандартад нийцсэн дарины үндсэн түүхий эд болгоод хүхрийн болон азотын хүчлээр нитратжуулан нитроглицеринийг гарган авна. Энэ нь Сорберо, Нобель нарын гарган авсан нитроглицерин тэсрэх бодисын үндсэн түүхий эд болно.

Баллистит хатуу түлшний үндсэн түүхий эд нь нитрат целлюлоз, нитроглицерин болохыг бид судалгаагаараа нотолсон.

¹¹⁵ Mongolian Mining Монголын уул уурхайн сэтгүүл №1 УБ.,2012., т 41.



5.2 дугаар зураг. Дарины түүхий эдийн судалгаа.

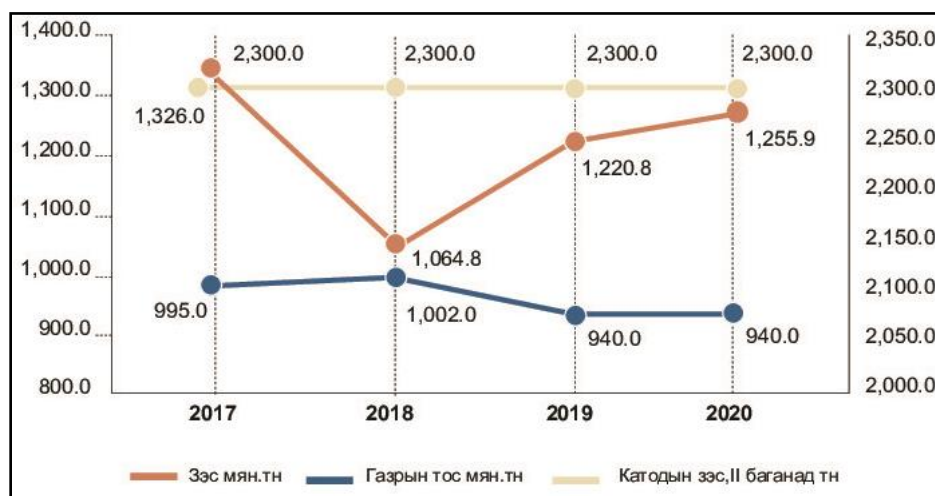
Манай эх орны газрын хөрсөнд элбэг ургадаг хужир натрийн сульфат Na_2SO_4 хүхрийн хүчлийн натри, шүү-карбонат натри Na_2CO_3 нүүрсний хүчлийн натри зэрэг эрдэс бодисуудыг дахин боловсруулалтанд оруулж, хольцот дарины түүхий эд болгон гарган авдаг. Натрийн нитрат нь чийг их татдаг тул дарины үйлдвэрлэлд тохирдоггүй учир калийн натрийг хэрэглэдэг. Үүний тулд KCl - хлорт калитай урвалд оруулж калийн нитрат гарган авна. $NaNO_3 + KCl = KNO_3 + NaCl$

Дорнод аймгийн Баян-Уул, Говь-Алтай аймгийн Жаргалан, Дорноговь аймгийн Эрдэнэ сумын нутагт байдаг хужир шүүг ШУА-ийн химийн хүрээлэнгийн лабораторт шинжүүлэхэд дарины түүхий эдэд тохирох эрдэс бодис болохыг тогтоосон. Хужрын дотоод бүтцийг химийн хүрээлэнд шинжилж түүний гол эрдэс бодис нь хүхрийн хүчлийн натри болохыг тогтоосон. /дүнг хавсаргав/. Хэдхэн хоногийн өмнө Төв аймгийн Бүрэн сумын нутгаас их хэмжээний хужир Улаанбаатар хотод оруулан цас арилгах давсны зориулалтаар ашиглаж байна, ингэж л дарины стратегийн түүхий эд өөр зориулалтаар ашиглагдаж байна шүү.

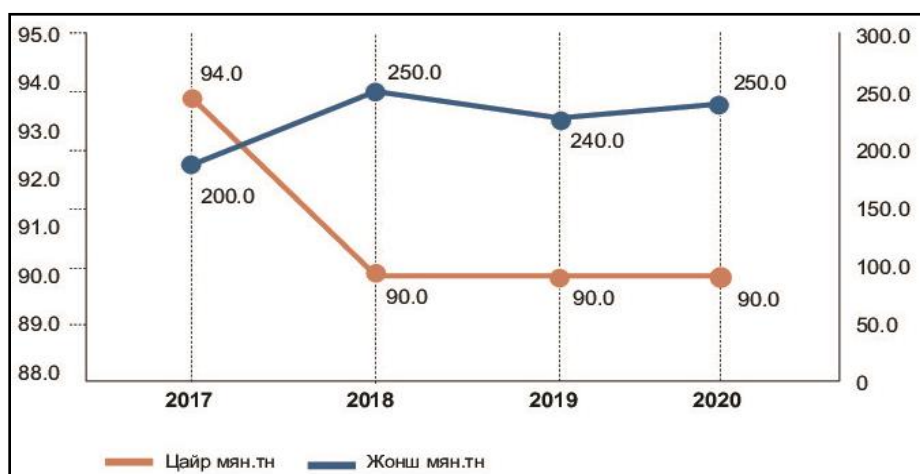
Тэдгээрээс гадна тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшний чухал ач холбогдолтой нэг түүхий эд болох хүхрийн орд¹¹⁶ манай оронд нэлээд газар нутагт илэрсэн. Эдгээр түүхий эдийн нөөц, илрэлийг тухайн судалгааны бүлэгт дэлгэрэнгүй тусгасан болно.

¹¹⁶ Хүү-Ухна.А. Пиротехник судлал, боть 2 ..УБ.,: Сэлэнгэпресс., 2021.,223х, т142; ISBN 978-9919-24-762-1.

Хатуу түлшний гуулин эдлэлийн түүхий эдийн судалгаа



5.3 дугаар зураг. Зэс, катодын зэс, газрын тосны гаргалтын урьдчилсан төсөөлөл



5.4 дүгээр зураг. Цайр, жоншны гаргалтын урьдчилсан төсөөлөл

Судалгаанаас харахад гуулин эдлэлийн үндсэн түүхий эд зэс, цайрын нөөц болон пуужингийн хатуу түлшний барьцалдуулагч бодисыг гарган авдаг жоншний нөөц манай оронд хангалттай байгаа тул зөвхөн хатуу түлш биш түлшний хөдөлгүүр, гуулин хавтан үйлдвэрлэж экспортод гаргах боломж байна.

Одоогоор Монгол оронд 80 төрлийн ашигт малтмалын 1170 орд, 8000 шахам илрэл бүртгэгдсэн гэх мэдээлэл байдаг. Эдгээрийг жин бангаар нь илэрхийлье гэвэл зэсийн 36.3 сая, төмрийн хүдрийн 660 сая, цайрын 5.9 сая, нефтийн 250 сая орчим тонн нөөц батлагдаад буй. Мөн нүүрсний 175 тэрбум тонн таамаг нөөцтэй. Үүнээс эдүгээ 20 орчим тэрбум тонн нөөц нь баталгаажсан. Монгол нутгийн ихэнх хэсгийг нүүрсний бассейнтэй гэж ярилцдаг ч, нөөцийг нь нарийвчлан тогтоогоогүй байгаа юм. Нөөц ихтэй томоохон ордууд гэвэл зэсийн Эрдэнэт, Оюу толгой, Цагаан суварга, алтны Гацуурт, Заамар, Олон-Овоот, Тавт, мөнгөний Асгат, Мөнгөн өндөр,

ÕÕ çóóíú ýõ õçðòýë äýëðëéí õçððëéí õýðýãöýýã Ñèöëëéí îðà áçòýí 100 äàðóé æèëëéí òóðð òáíäæ áàéñáí òççõ áàéää. Íáñ õçðýð çéëääýðýã÷ áíë îðíóá íú ÁÍÓ, Íâñëë, ßíí, Íñüø, Õÿòää çýðýã óëñóá ðì.

Íðäúí äàðäë ççñëéí òððë

Áàéääëúí õçððëéí äàðäë ççñëéí íú òóáüä äçíëé áóðó áóëëáíú, äàääðäúí ßà éíðëëüððäð - ìàðñíàðèòòúí äýñýí çíáñýí ç õýñýãð òóääàæ äà÷ ççáýã. áãã, äçíëé îðäóóáüä áíðíð íú äëàðíðäðäëü-óñáí óóñíàëúí, ýéñäæýö-ñóáëèìàòúí, áóëëáíñáí-òóíàìäë äýñýí áçëäççäýã, äàääðäóó îð÷èä ççññýí õçððëéí îðäóóáüä äáóóëää÷ ÷óëóóëääòáéääà òàìò(ñéíáíáðèë), ýñâýë òíæóó (ýíëääíáðèë) ççññýí äýæ áíëëää. Õçðýðëéí òððëèòëäë ççññýí òàìäëéí òíðëðíæðíé íððëü íú õç÷èëòðã÷ãð äóòìä, ñóëüðàòóóá áíëí ðèì íýääëýýð äàýí çò-çóí-úí äóëääíòáé îð÷è ðì. Ýíá H₂S – úí èñýëäýýñ õçðýð ççñýõ õçðòýë Beggiatoa alba, Chromatium okeini äýõ íýò õçððëéí áàèðäðèóáúí çéë÷èëäýý èð íðëòðýë.

Äëäðíðäðäë-óñáí óóñíàëúí äàðäëòáé õçððëéí îðäóóá íú èðýá÷éýí äàðððäää, íýðëë òýëáýðëéí òíñíòí îðäóóáüä ççññýí òáíäæääòáé áãã, õçððëéí áóíä÷ äáóóëää íú 15-25 % áàéää áíë ýéñäæýö-ñóáëèìàòúí òððëéí îðäóóá òýíæýýãýýðýý äàää áíëí÷ õçððëéí äáóóëää òíðð áàéää áàéíä. Õàðèì áóëëáíñáí-òóíàìäë îðäóóá íú õçððëéí æèæëä ðëäðäýý ñóáàë ìäýáúí òóðèòëäë äáóóëñáí òýáýí äðää ì çóçààíòáé òýáýí çóóí ì çðäýæëëñýí òýáðýø ìäýáúí áéàðëéä ççññýáýã ííëíáíðíé. Õàìäëéí îðäèòëë ÷ òíëáíñáíðíé, õçððëéí íððëéí áàðää 90 %-úä äáóóëää òððë íú ýéçíáí áóðó äàääðäóó îð÷èä ççññýí ñéíáíáðèë, ýíëääíáðèë îðäóóá ðì. Ñéíáíáðèë òððëéí îðäóóá íú òýíáýñëéí ýðýá îð÷èä ñóëüðàò éàðáíàò íàèðëääúí ÷óëóóëääòáé òàìò áéíðëèéí çàìàð òóíäæ, òýáýí äðää ì çóçààíòáé çã, äàðððäää ìäýáúí áéàðëéä ççññýá áãã, õçððëéí äáóóëää 15-25 % õçðäýã áàéíä.

Целлюлоз-òàñíú çéëääýðð òýðýãýýõ õçðýðð ñãëáí, ðëéíýë ìýíàñ,ðáçëíú çéëääýðð áèòóí,õçíòýë òóñ òóñ òíðð òíëüò áíëáí. Õàðèì õçðýðð-íççðñòðã÷, õçððëéí õç÷èë äàððäæ äàðð õçðýðð áèòóí,õçíòëéí äáóóëää áàää çýðýã (0.15%õçðòýë) áàéòúá çãðððãã äæýý. Õýñðýõ áíëñúí çéëääýðð òóñáë ñíðòúí ýìäð ÷ òíëüòáçé òýáýð õçðýð òýðýãýýý. Ýíëéí çéëääýðð òýðýãýýõ õçðýðð ýñ áà òçíòýë 0,002%, ñãëáí 0,05%, ðèì òíëüò-0,2-1,0%-íñ èðãçé áàéò ñíðíé.

Õçððëéä äàýæóóëäð íððëëä äáóóëääð íú ìàð áàýëää (25%-èñ äýýø), áàýëää(18-25 %),áóíä çýðäëéí (12-18%),ýáóó (5-12 %),ðàéëäð áàéëääð íú àìðòáí òáéëäð (60%-èñ äýýø òóáü íú òáéëäð)áóíä çýðýã (40-60% òáéëäð), ìóó òáéëää (40%-èñ áíñ) äýæ òóñ òóñ áíëëää.

Íëáíðëííí õçäðýýñ õçððëéä ýëääí äàððäà òíñíëííí, áóëääíú, óóððóóëäð, òáíäëäð çýðýã äðäóóá áàéääääñ òàìäëéí òðãí òýíæýýðýë òýðýãýýáýã äðää íú òíñíííë äðää ðì.

Монголын Хүхрийн Томоохон Илрэлүүд

Ìáíäë äðà òçíýí ýðð çáýñ áàéääëúí õçðýðëéä äðäëéí äàð äðääð äàýæóóëäí áíëíñðóóëæ,

Õíā-2 îðā. Āāóóēā àāāàòàé áíēīā÷ í°ò°òð èð ýíý îðā íū Āāýíāāēēéé ñóííāāñ ççíí ðíēð Ç°ē°íāēéí íóðóóíú °ā°ðò ààéððēíā. Øçç áçðēē òàēāāé íū 720 ì² á°ā°ā, āóíāā÷ çóçāāí íū 0.7ì. āāóóēā íū 0.91%, 4ì-ēéí ðēēøççðýð ðēēñýíēé āāðāā 1.07% òçð÷ áàéæýý. Õ°ðç°í áçðēē ðççò òóðāāñíú āóíāā÷ ýçýēðççí æēíā 1.64 r/cm³ āýæ ðíāðñæýý.

Õíāñ óóēúí íàòðēéí ðççíēé èēðýē. Óā èēðýēēēā āð°íðēē ñāēā Õ.×íēāāēñāíāēéí āāāēāāðāāð 1941 ííú °ā°ē āāíēíāē÷ Æ.Āçāýðñçðýí, îðñíúí āāíēíāē÷ Ò.Ñ Æāēóáíāñēēé íàð îðñí íóðāāç ðççñ ðēðēēāñð àæēēēēð ñóāēāāāā ýāóóēæ, āýýæýēð òēēæýý.

Āíð 1890 ííú çāā íóðāēéí àðā íííçýðýí ýíāýýñ āýýæ āā÷, Õçðýý îðæ, āāðü ðēēð æíðüā ñóð÷, °ð°° āāðü ðēēæ, òāāð íū íóðāēéí òççíçñò çā óēàíæēàí çēāýýñýí òóðāé íýāýýēé íū íàððāēúí ÷ēðýíā òçð÷, āāéíú òçíā çāā "àìòòàé íēç" òýíýýí íēēāññí òýðýýð äçí °āē°ð ýāðāēòàé ñóāēāð ýē÷ èēāýýñýí íú ýíý àæýý.

Āíāðēí ðççí āāóóēñāí āāēò óóē íū Õýððēéí òāāāāí íóððāāñ çççí óðāāð, íàðēéí āē÷āýí āíēúí āāðóóí òāēā áàéððēð, Õíāñ òýíýýð óóē áēēýý. Ñíāñ, ×óēóóóúí āíēóóāúí ò°íāēēā āāāñāí Ēō Āíāāē, Çāēāā òíēāíē, Õíāñ āýð íýò÷ēýí 6 āāēò óóēóóā áàēāāāñ Āāāā áíāāē, Õíāñ óóē çýðýāò íàððēéí ðççí òóðēíēāāāæýý. Õíāñ óóē íū 150 ì °íā°ð, òç÷òýé ýēýāāýēā îðñíí āāēò óóēúí ēíóíñāāñ áçòýð āāāāā, āíāðēí ðççíā Õā÷ēāíā āíēúí òçāðēíāýýñ íēðíēññíð 90-100 ì °íā°ðò íēáíðēíæ áàéæýý. Āðēēēāæ áàēñāí ухаш íú 0,5-1 òçðòýē āçí, ç°ā áēð ò°íāē°í íāðēíēðòíē. Āāēāāēēéí ðççí íū íçð ñçāýððýā áàçàēüòāā íēíāýí çā, òçððýð íāýāāāð, çððēíāāā íàðēéí āí òāāüā äççðāýð áàēāēāāð òàððñāí áàēāāā.

Óā èēðýēēéí āāðāē ççñēēéí òāēāāð °í°ò ñóāēāā÷ēā °ðēéí òāēēáíāāā: "Õíāñ óóēúí èēðýē íū āí òāāðēāā, íçð ñçāýððýā āāēñíāðāð áçðēē āāēò óóēúí ÷ēēóóēāāð áàéððēíā. Ýíý āāēñíāðāòúí óē íū íýāò èāāāāāñ áçðāýð ðēēāýýā, òççíēé āýýā çāíā ðóāóóíú ççð, ýēāāāāñ èðýýð òóðēíòēāāāæýý. Āíðñíú òñ íū ñāíāāñāāñ āçíòúí áíēíí áóñāā íýāāēççāēēā óóñāāí āāāāā áàēíā. Āāēò óóēúí òíāñíú ýðýāēýñýí òāíā íū ñāēðēíāāñ ñāēòāð òāíāāāēāāñāí, íàð÷ēí àìüòāā çē òçðýð, ðóāóóā ççðýý çāñāðāā íýí òíðēñíæòíē ýíý òýñýāò íýðýā÷ēā èðýýð àìüāāðāāāāāð íū ðēí āāðāēúí íàððēéí ðççíēé òóðēíòēāē ççññýí ýñāýē āāēò óóēñóóā āçíòúí íýāāýē áçðēē ðēēēā ýēāāðóóēñāíòāē òíēáíāāíæ, ðççí ççññýí áàēð āýñýí òíðāíñē òāāìāēēāēüā āýāðççēæ, āāóóēāā áāāàòàé ó÷ēð ýāēéí çāñāēéí à÷ òíēáíāēñð áāāā ç°āò°í îðñí íóðāēéí ÷āíàððāēāāāð āāð àðāāāð áāýæóóēāí òýðýāēýð áíēñæòíē āýæ ççñýí á°ā°ā, òāðēí āāðāē ççñēēéí òóāüā íýýēðòýé çēāýýæýý.

Āāēāāēēéí āíāðēí ðççíā áāðóóíú ñóāēāā÷ēā (Donald D.Carr,1994) Native nitre(ammonium saltpeter) āýæ íýðēýí āíðíð íū èāēēē āíēēññí (potassium nitr), íàððēē āíēēññí (sodium nitr) āýæ āíðíð òóāāāæ ççāýā á°ā°ā, āðēāð íàēòíāēúí āāðāē ççñēēéí òðēēéí íū òóāüā ×āð óēñúí ýðāýìòýí Ì.Ēóæāāðð "āóāíñ" ò°ð°ēā òāìāāðóóēāāēēēā çíāýñēýí °ðēéí îðíú āíāðēí ðççíēé îðā, èēðýēççāēēā ýāñíðēð îð÷ēíā ççññýí ðēí āāðāēòàé áàēāāēēéí íýāāýē āýæ ççýæ áàēíā.

Āāçāð ççíēí áàēððēúíòāā òóāüā 2400-2500 ì °íā°ð, óðððāāúí āāāóó òýāýí çóóí èì ñóíāí çðāýēæýð Òāü Āēòāéí ñāēāāð óóēñóóāúí, òāēóóí òóóðāē, òóð, òóíāāñ íàð òíāíð óíāð °ā°ð ýíāýð í°ē°ā òýñýāò áàēððēð °ā°ēæ°° áóóóóóā íū èāēēéí ðççí òóðēíòēāāāāð áàēāāēü - āāçāðççíēí

òààèàìæòàé îð÷èí ìí.

làiaé îðíia òíàòíãããíí èàèèéí øçç íü làèúí òòã, áóóóíàã, làòðèéí øçç íü àçíòààð ààÿæñàí àãèíàðò, òóó, èààà çÿðÿã àãèò óóèúí ÷óèóóèííí òãðøèèòèéí áçóÿããÿóççí, ÿðãñççãÿóð ààÿæñàí òðñ, óðãàìàèààð òíèèíã÷, øóáóóã, çàðèí ÿðÿã÷-æèéí ÿèãããñúí òóðèòèèàããñ ççñÿèòÿé áããã, ÿããÿóðèèã àòèí òóðèòèèããããí ççñÿóÿã òàèóóí òóóðàé (ÿããñðèò) àãèããèü òãã óóðúí îð÷èí ííòãíé íéèèæÿÿ.

5.1.3. Хөнгөн цагааны нөөц

Хөнгөн цагаан (Хөнгөн мөнгө гэж нэрлэх нь бий) (Al, лат. Aluminium) мөнгөлөг цагаан саарал өнгөтэй, зөөлөн бөгөөд хөнгөн металлын группт ордог юм. Химийн тэмдэглэгээ нь Al, атомын дугаар нь 13.

Хөнгөн цагааныг бокситын хүдрээс ялгаж авах ба зэвэрдэггүй, бусад металлуудтай харьцуулахад маш хөнгөн, маш сайн цахилгаан, дулаан дамжуулагч тул, хөнгөн цагаан болон түүний хайлшийг пуужин, нисэх онгоц, тээвэр, цахилгаан дамжуулах болон барилгын үйлдвэрлэлд өргөн ашиглана.

Хэдийгээр хөнгөн цагаан нь Дэлхийн царцдаст хамгийн өргөн тархалттай металл (нийт химийн элементүүд дунд 3-т буюу хүчилтөрөгч, цахиурын дараа) боловч байгаль дээр цэврээрээ маш ховор, бокситын хүдрээс ялгаж авахад маш өндөр температур шаардана (950-980 °C).

Данийн эрдэмтэн Ханс Кристиан Эрстед 1825 онд анх олж гаргасан.

Монгол орны нутагт хөнгөн цагааны гарал үүсэл, үйлдвэрлэлийн үндсэн төрөл болох эртний чулуулагт боксит, нефелинт чулуулаг, алунитын төрлийн хүдэржилтийн геологийн суурь нөхцөл хангалттай бий (Зайцев, 1981) гэж үздэг. Тухайлбал Al₂O₃-ын агуулга 47% хүрдэг Алаг-Уулын диаспортой боксит, түүнчлэн нефелин агуулсан шүлтлэг магмын чулуулгийн массивуудын хэмжээнд Өвөрмараат, Дөшийн гол, Бэлтэсийн голын бүлэг орд, мөн гидротермал метасоматит хувирал эрчимтэй хөгжсөн галт уулын систем бүхий бүсүүдийн хэмжээнд алунитын бүсийн төрлийн хүдэржилт олон газар нэгэнт тогтоогдсон.

Хөвсгөлийн нефелин сиенитын хүдрийн технологийн судалгаагаар шүлтийн модуль - 0,45, цахиурын модуль - 1,73, ийолит-уртитад Al₂O₃ 24,9%, чанарын хувьд хүдрийг тухайн үед ОХУ-д (1975 он) мөрдөгдөж байсан ангиллаар нэгдүгээр зэргийн хүдэрт хамааруулсан байдаг. Дөшийн гол, Өвөрмараатын ордын үндсэн үзүүлэлтүүдийг хаьцуулсан харьцааг дараах хүснэгт 10-т үзүүлэв. Дөшийн гол, Өвөрмараатын нефелиний хүдрийн чанарын зарим үзүүлэлт.

5.1 дүгээр хүснэгт

Ордын нэр	Дундаж агуулга, жин %			
	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O/Al ₂ O ₃
Дөшийн гол	19.42	2.2	6.3	0.55
Өвөрмараат	25.56	1.97	0.87	0.55

Öäíëèò

Áíõ 1756 íä Øäääééí ýðäýñ ñóäëää÷ Áõäë Êðííñòòää Øäääééí Èäíìððééí çýñééí óóððäéääñ ýë ýðäñééä áíõ óää äëæ, ñóäëäí, óä ýðäñýý áóóäëæ òõñõðõ ÷äíððäð íü äðäé õýéíéé “áóóäëäää ÷óéóó” äýñýí óóääòäé ãæþ “öäíëèò” õýíýýí íýðëýæýý. Öäíëèò íü Ca, Na äíëéíí, Ba, Sr, K íýí õíäðñð Mg, Mn ìýò ýëäíäíò ççäééä ääóóëñäí õíäíí óäääáíü óñò ñéèéèèò íýäýëè òí.

Íäíí ääéääéééí öäíëèòüí 50 íð÷èì òððë õíäòñäñíä ääéäääääñ, ääíëíä-çééäýðëýéééí ä÷ õíëáíäíëòíé ééèííòèèíëèò, äíäëüçèì, ääéëäíäèò, ìðääíèò, óäððüäðèò, øäääçèò, ýðèííèò äýõ ìýò 10 íð÷èì òððéèéä äèëäëäæ ääéíä

Цеолитын хэрэглээ

Íð÷èì çää ääéääéééí äíëíí íééýýäýð ääðääí ääñäí öäíëèòüä çééäýðëýéééí ää äðóéí õýðýäõýýíä òðäíí äèëäëèò äíëæýý. Óóðäééääé: ääéääë íð÷íüä õäíäääèò ÷èëýéýýð òíäòííäè õííääñ äçíòüí õç÷èéä çäééóóèèò, ýíç äçðééí íäèðèääíü òééíýýñ õçõýðò òééä äääääðóóèèò äíëíí õýäýð ääääððäñ õýíä òñõð äðäääð õç÷èèòðõä÷, äçíòüä ääðääæ äääò, äíòèðäñíí òððñééä õýäýðççëýò, äíí ñäéõíü äíëíí ýíééí òççðéé ýä çýðýäò òðäíí äèëäëäæ ääéíä.

Íäíäé óéñüí òóäüä çééäýðëýéééí çýðçýýð íõò íü äíäíäñíí Öäääáíòääüí ääéääéééí öäíëèòüí íðä, ýðäýñééí òääíää íõò íü òñíòñäñíí òðäíí, Öäéëääñòüí äì, Öííäíð ìððò, çççð òäðüí çýðýä íðä, ирэлгүд íëíí óéñüí òñõð çäíüí äíë òóääíä òäðüòäíäóé íéð ääéäää íü ýíý ýðäñééä ääääää çàð çýýä ääðäàð òääèäíæòäé íõòõè íü òí. Öäðéí Çççí ääýíäééí òñõð çäíüí çððèõñõ õíðü ääðóéòäí èì-ò ääéððèò Öäääáíòääüí ééèííòèèíëèò төрлийн öäíëèòüí íðäüä äðýýä íü çää ääää õýíæýýäýð íëáíðèíæ, ääòäé, òóäóóíü íýíýèò òýæýýë äíëäíí òðððèèòüí æòðíäàð äèëäëäæ ýðëýæ ääéñäí

Çäíüí óéääíü öäíëèò ääóóëñäí íäðèèòüí íðä. Óä íðä íü òñõð çäíüí ÷íéð станцаас ääðóóí òéèø 65 èì ääéðèèò òééäýýä, áíõ 1978 íä ääíëíäè÷ Ø.Äíðæñçðýí, È.Í.Ííëéíäíééíä íàð ñóääëæýý. ðèíëèò-ääòèò, ääòèò, íäðèèòüí çóçäàèääíäí ääèò óóéüí òðò äçòèé õíëäíéí õíðííäñíð öäíëèò ääóóëñäí óóð, óóóíäðäè÷è äçòèé ääèò óóéüí ÷óéóóèää ääððæýý. Ýíä öäíëèò íü óóóíäðäè÷è, òóóüä õäíòèýä÷, ääèò óóéüí øèè äíëíí õíäðñð íäðèèòüä òçðæ ççñýí íü òíä ääéääääääää. Öäíëèòüí ääóóéää 78% õçðòýè õíäòñäñííí áõñõ, òäðòäèò ìàð æèäää áóñ áõñõ, íééýýä íäíð ääóóéäíä íü ÷óéóóéäýñ äí òääèèè äçòèé õýñäééä ääääñäí ääéäää. Ðäíòääíäðäòüí ñóääëääääääð öäíëèòüí ýðäýñ íü ééèííòèèíëèò äíëíí íü õíäòñäñæýý

Äóéèäí - íóóðüí òððë

Ýíý òððë íü ìäíäé íðíä õäíäééí òðäíí òäðòäèòòäé áõñõ, çééäýðëýéééí ñíëðòíé äçòèé íëíí òñíü íðä, èèðýççä õíäòñäñíä, Öäääáíòää, òðäíí çýðýä íðäóóä çééäýðëýéééí çýðýäýéýýð íõò íü õíäòñäñíí òí.

Öäääáíòääüí íðä Öäääáíòääüí íðä íü Ñäéíòäíä õíòñí ääðóóí -óðääð 45 èì-ò, Çççíääýíäñ ääðóóí-òíéø ääéððèä. Óä íðä íü çççí-òðäðäà 25 äðäáóñ õçðòýè õíäèòäé, ääðää òðäðä äääò

байдлыг бууруулах, байлдааны бэлтгэл сургуульд зарцуулж байгаа сум, галт хэрэглэлийн нөөцөө хэмнэх, сургалтын чанарыг дээшлүүлэхэд гол анхаарлаа төвлөрүүлсэн юм, судалгааны зорилго, зорилт үүнд чиглэж байна. Тийрэлтэт сум, пуужин нь зарчмын ялгаатай бөгөөд түүнд хэрэглэх дарь, хатуу түлш нь бүтэц, хэмжээ, хүчин чадлаараа өөр өөр байна. Тийрэлтэт сум нь тийрэлтэт артиллери, харвах суурь, бууны тусламжаар гол төмрөөс гарч тийрэлтэт хөдөлгүүрийн үйлчлэлээр байнд хүрдэг бол пуужин нь анхаасаа тийрэлтэт хөдөлгүүрийн тусламжаар харваж байнд тусна. Харин 1980 оноос тийрэлтэт сумыг удирдлагагүй пуужин гэж нэрлэх болсон. Тухайлбал, танк эсэргүүцэх залуурт тийрэлтэт сум 9М14М –ыг танк эсэргүүцэх залуурт пуужин гэж нэрлэсэн.Тийрэлтэт сум нь байлдааны хэсэг, тийрэлтэт хөдөлгүүр, нисэлтийг тогтворжуулах төхөөрөмж гэсэн үндсэн эд ангиас бүрдэнэ.

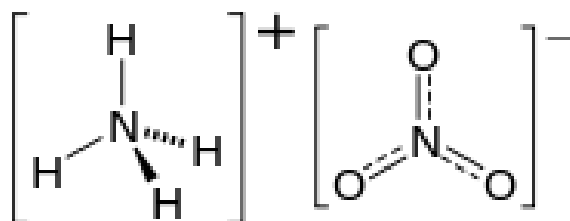
Монгол оронд химийн үйлдвэр хөгжөөгүйгээс эх орныхоо байгалийн баялгийг ашиглах, эрдэс бодис, хүдэр, чулуулаг, хөрсөн доорх баялагаа боловсруулж чадахгүй байна, олон эрдэмтэн судлаачид нөөц бололцоо, арга зүйг тогтоох боловч амьдралд хэрэгжих нь ховор байгаа тул салбар хоорондын уялдаа холбоог шинжлэх ухаан, техник, технологийн судалгааны үндсэн дээр сайжруулах, хамтарсан эрдэм шинжилгээний хурлыг зохион байгуулж эрдэмтэн, судлаачид мэрэгжилтэнүүдийнхээ санаа бодол, илтгэлийг сонсч нэгдсэн дүгнэлтэд хүрч байвал тодорхой үр дүнд хүрэхийг олон улсын туршлага харуулж байна. Ийм нөхцөл байдал энэ судалгааг хийх хугацаанд нэлээд тод харагдлаа. 2022 оны 11 дүгээр сард болсон Монголын химичдийн анхдугаар хуралдаанаас бид ийм дүгнэлт хийхэд хүрлээ. Тухайлбал, улсын хэмжээнд хүхрийн хүчлийн эрэлт хэрэгцээ их байдаг тул түүний үйлдвэрийг ашиглалтад оруулахад хэрэгцээг бүрэн тооцож чадахгүй байгаа нь харагдсан, гэтэл тэр илүү гарах гээд байгаа хүхрийн хүчил нь дарь, тэсрэх бодисын үндсэн түүхий эд байх жишээтэй.

Бид хатуу түлш үйлдвэрлэх технологийг боловсруулахдаа түүний бүтцийн бодисуудыг нарийвчлан судалж өөрийн орны нөхцөлд тохирсон аргачлалыг бий болгоход онцгой анхаарлаа. Зарим туршилтуудыг уул уурхайн Монмаг, Очир-Ундраа ХХК-ийн тэсрэх бодисын үйлдвэрт хэрэглэж байгаа аммоны нитратыг ашиглан хатуу түлшийг гарган авч хийсэн боловч нитратыг гарган авах шинжлэх ухааны үндэслэлийг боловсруулах шаардлага гарч байна. Үүний тулд дараах аргачлалыг боловсрууллаа. Манай оронд химийн урвалж бодисын зохих түүхий эд байна. Лабораторын нөхцөлд хатуу түлш гарган авахын тулд эхлээд бүтцийн бодисуудаа бэлтгэнэ. Олон улсад хамгийн өргөн их хэрэглэж байгаа тийрэлтэт сумны хатуу түлш нь исэлдүүлэгч бодис- аммиакийн догшин шүү азотын хүчлийн аммиак буюу аммоны нитрат, шатаагч бодис- хүхэр, хөнгөн цагааны нунтаг, барьцалдуулагч бодис- полиуретан зэрэг бодисоос бүрдэж байна.

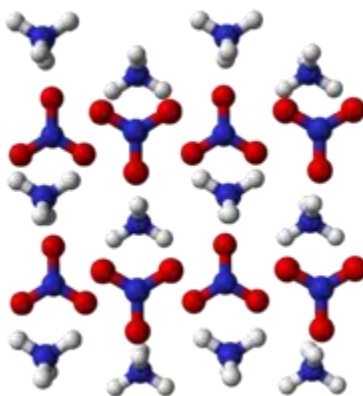
5.2.1. Исэлдүүлэгч бодисыг гарган авах арга

Аммонийн нитрат (NH_4NO_3) нь азотын хүчлийн давс юм. Хүчилтөрөгч 60%, азот 35%, устөрөгч 5%-г тус тус бүрдүүлдэг. Анх 1659 онд Глаубер гарган авсан. Цагаан өнгөтэй талст. $169,6^\circ\text{C}$ -д хайлдаг, үүнээс илүү халаахад аажмаар задарч эхэлдэг, 210°C -д бүрэн задардаг. Даралтан дор буцлах температур 235°C . Молекул жин 80,04 а.ж.н. Детонацийн хурд 2570 м/с.

Аммонийн нитрат



5.5 дугаар зураг. Аммонийн катионы (зүүн) ба нитрат анионы (баруун) бүтцийн томъёо



5.6 дугаар зураг. Н=цагаан, N=цэнхэр, O=улаан



5.7 дугаар зураг. Цагаан нутаг

5.2 дугаар хүснэгт

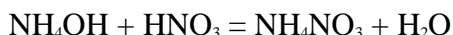
Усанд уусах байдал

Температур, °С	0	25	50	100
Уусалт, г /100 мл	119	212	924	1024

Уусахдаа маш их дулаан шингээдэг (калийн нитраттай нэгэн адил) тул уусалт удааширдаг. Иймд ханасан уусмалыг бэлтгэх тохиолдолд уусмалыг халааж, хуурай бодисыг аажмаар нэмдэг. Аммонийн нитрат нь уснаас гадна аммиак, пиридин, маетанол, этанол зэрэгт уусдаг.

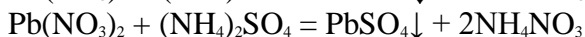
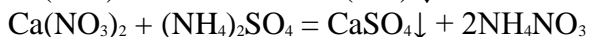
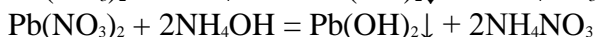
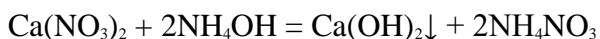
Исэлдүүлэгч бодисуудыг гарган авахад натри, кали, аммони, кальцийн селитр буюу манайханы нэрлэдэг догшин шүү гол ач холбогдолтой, тэдгээрийг манай орны нөхцөлд малын тэжээлийн зориулалтаар ашигладаг хужир, шүүнээс гарган авах бололцоотой. Төслийг хэрэгжүүлэх судалгааны явцад хэд хэдэн аймгийн нутагт ургадаг хужрыг шинжилж үзэхэд гол төлөв натрийн сульфат, карбонат натри зэрэг нэгдлүүд бүтцийн ихэнх хувийг эзлэж байлаа.

А). Аммиакийн догшин шүүг нашатырын спирт ба азотын хүчлийн урвалын дүнд гарган авч болно. Түүний химийн урвал:



100 грамм аммоны нитрат гарган авахын тулд 25%-ийн нашатырын спирт 175,13 грамм, 65% -ийн азотын хүчил 121,11 грамм хэрэгтэй. Хүчилтэй саванд аммоны нэгдлээ бага багаар хийж түүнийг бүрэн уустал нь сайтар хутгана. Урвал явагдаж дууссаны дараа уусмалаа шүүж хатуу биет үүсгэнэ.

Б).Кальци болон хар тугалганы нитратыг аммоны гидроксид эсвэл, сульфаттай урвалд оруулж гарган авч болно. Урвалын тэгшитгэл:



100,00 грамм аммоны нитрат гарган авахад аммоны сульфат 82,54 грамм, эсвэл, 25%-ийн нашатырын спирт 175,13 грамм, хар тугалганы нитрат 206,89 грамм, эсвэл, 147,51 грамм кальцийн нитрат шаардагдана. Кальци буюу хар тугалганы нитраттай саванд аммоны давсаа бага багаар хийж хутгана. Тундас үүснэ. Шүүнэ.

5.2.2. Хүхрийг гарган авах арга

Хүхэр нь **S**-ээр тэмдэглэгддэг, атомын дугаар нь 16, өргөн тархалттай, амтгүй, металл бус химийн элемент юм. Байгаль дээр дангаар (шар өнгөтэй, талст байдлаар) тохиолдохоос гадна, сульфид, сульфатын эрдэс байдлаар тааралдана. Хүхэр нь амьд организмын салшгүй, чухал хэсэг болно. Хүхрийг бордоо болгон хэрэглэхээс гадна, сумны дарь, шүдэнз, шавьжны хор зэрэгт өргөнөөр ашиглана.



5.8 дугаар зураг. Байгаль дахь хүхрийн талст.

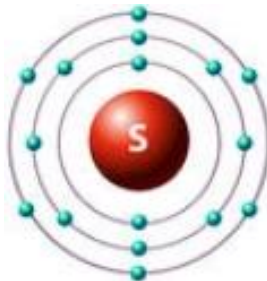
Хүхэр нь нийт 18 изотоптойгоос 4 нь тогтвортой изотопи: ^{32}S (95.02%), ^{33}S (0.75%), ^{34}S (4.21%), ба ^{36}S (0.02%) тархалттай байна. Бусад изотопиуд нь тогтворгүй изотопиуд болно.

Хайлах температур- $112,8^{\circ}\text{C}$, буцлах температур $-444,674^{\circ}\text{C}$, нягт- $2,070 \text{ г/см}^3$, моль-эзлэхүүн- $15,5 \text{ см}^3/\text{моль}$

Хүхрийн нэгдлүүд:

- Хүхэрт устөрөгч;
- Хүхэрлэг хий;
- Хүхрийн ангидрид;
- Хүхрийн хүчил;
- Байгаль дээр байдаг хэлбэр сульфид : FeS_2 ; FeCuS_2 ;
- Сульфат BaSO_4 .

Эдгээр нэгдлүүд нь пирит, зэсийн колчедан, гипс, барит зэрэг эрдсийн бүрэлдэхүүнд байна. Түүнээс гадна нефть, байгалийн хий, нүүрс зэрэг нүүрс устөрөгчтэй нэгдлүүдэд байдгийг төрөл бүрийн аргаар боловсруулж хүхрийг ялгаж авдаг.



5.9 дүгээр зураг. Хүхрийн бүтэц

Үүнд : FeS_2 —төмрийн колчедан буюу пирит,цайрын сульфит ZnS сфалерит, хар тугалганы сульфит PbS галенит, мөнгөн усны сульфит HgS киноварь,

сурьмагийн сульфит — Sb_2S_3 антимонит, зэсийн сульфит Cu_2S , CuS , зэс, төмрийн давхар сульфит $CuFeS_2$ халькопирит зэрэг эрдэс орно.



5.10 дугаар зураг. Хүхрийн хатуу талст



5.11 дүгээр зураг. Хүхрийн шаталт

Хүхэр шатахдаа эзлэхүүнээ үлэмж тэлдэг/ойролцоогоор 15% тэлнэ/. Хайлсан хүхэр урсамтгай шар өнгөтэй шингэн болдог, 160 хэмээс дээш болоход хар хүрэн өнгөтэй зуурмаг болно.

Орчин үед хүхрийг газар дор байгаа орчинд нь хайлуулах аргаар гарган авч байна. Хүхрийн хүдрийг байрлалаас нь хамааран янз бүрийн аргаар гарган авдаг, хүхрийн орд газарт хортой хүхрийн нэгдлийн хий их хэмжээгээр хуримтлагдсан байдаг бөгөөд өөрөө асч шатах аюултай. Хүдрийг тэсэлж үйлдвэрт цэвэршүүлэн хүхрийг ялган авах аргаас гадна газрын гүнд орд дотор нь хайлуулж нефть шиг цооногоор гарган авах аргыг бас хэрэглэдэг. Мөн ус, уурын тусламжаар, шүүх аргаар, дулааны болон шахалтын аргаар хүхрийг олборлож болно.

Хүхэр гарган авах арга:

- Усны уураар хольцыг ялгаж цэвэршүүлэн хайлуулж үйлдвэрийн аргаар;
- Хүхэрт устөрөгчийг хүчилтөрөгчөөр исэлдүүлэх: $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$;
- Хүхрийн ислийг нүүрстөрөгчөөр баяжуулах : $\text{SO}_2 + \text{C} = \text{S} + \text{CO}_2$;
- Пиритийг задлах (FeS_2): $\text{FeS}_2 = \text{S} + \text{FeS}$;
- Хүхэрт устөрөгчийг задлах : $\text{H}_2\text{S} = \text{H}_2 + \text{S}$.

Үрлэн хүхрийг гарган авах арга

- Усаар үрэл болгох;
- Буцалгах арга, шингэн хүхрийг дээш гаргаж ус, агаараар хөргөн угааж үрэл болгоно, 4-7 мм хэмжэтэй үрэл гарна;
- Агаар-цамхагийн аргаар үрэл болгоно, хайлуулсан хүхрийг цамхагийн оройд гаргаад агаараар хөргөн туузан дамнуурга дээр унагаана.

Нунтаг хүхэр гарган авах арга

Бөөн буюу үрлэн хүхрийг нунтаглаж гарган авна. Жижиглэх нунтаглах зэрэг янз бүр байна. Эхлээд бутлуураар дараа нь тээрмээр нунтаглана. Энэ аргаар 2 мкм хүртэл хэмжээтэй сайн жижиглэсэн хүхэр гарган авах боломжтой. Гурил шиг нунтаг хүхрийг шахуургаар гарган авна. Битум, стеариний хүчил, тосны хүчил зэргийг холбогч нэмэлт бодис болгон ашиглана. ОХУ-д “Каспийгаз” ХХК, “Сера” ХК зэрэг аж ахуйн нэгжүүд нунтаг хүхрийг үйлдвэрлэдэг. Дэлхийн практикаас харахад Оросын Норильскт цэвэр хүхэр үйлдвэрлэдэг. Гэхдээ энэ үйлдвэр байгалийн хий ашигладаг.

Зэсийн баяжмалыг хайлуулах явцад үүсэх хүхрийн ангидридийг нүүрсээр болон нүүрснээс гаргасан хийгээр ангижруулан цэвэр хүхэр үйлдвэрлэх технологи нь үйлдвэрлэлийн хэмжээнд найдвартай туршигдаагүй технологи болохоор сонголт хийхэд эрсдэл өндөр юм.

Коллоид хүхрийг гарган авах арга

Коллоид хүхэр гэдэг нь 20 мкм-ээс бага хэмжээтэй нунтагласан хүхрийг хэлдэг юм. Түүнийг олон аргаар гарган авна.

- Бутлах аргыг нэлээд хэрэглэдэг, учир нь түүнд түүхий эдийн өндөр шаардлага тавьдаггүй. Энэ технологийг хамгийн сайн ашигладаг үйлдвэр нь “Вауег” фирм юм.
- Хайлуулсан хүхэр, эсвэл түүний хийнээс хүхэр гарган авах аргыг 1925 онд АНУ-д нэвтрүүлсэн.Бентониттой хольж усаар найруулан зуурмаг болгон хайлуулж хүхрийг гарган авна, харин хүхрийн хувь хэмжээ бага байдаг, ойролцоогоор 25 % -аас хэтэрдэггүй.

- Органик уусгагчид хүхрийг уусган дараа нь ууршуулж гаргаж авдаг арга байдаг боловч их хэрэглэдэггүй.

Хэт их цэвэр хүхрийг химийн, нэрэх, ууршуулах зэрэг аргаар гарган авч эмийн үйлдвэрлэлд хэрэглэдэг.

Монгол оронд Төмөртийн ордны хүдрийг флотацийн аргаар баяжуулж цэвэр төмөр гарган авахдаа хүхрийг их хэмжээгээр ялгаж хаягдал болгодог. Манай орон хүхрийн түүхий эдийн нөөцөөр нэлээд баялаг.

Уул уурхайн практикт нэг тонн зэсийн баяжмал хайлуулан цэвэршүүлэхэд 4 орчим тонн хүхрийн хүчил гардаг. Бор-Өндөрт барихаар төлөвлөж байгаа Зэс хайлуулах, цэвэршүүлэх үйлдвэрийн төсөлд тусгаснаар 120 мянган тонн катодын зэс үйлдвэрлэхэд 500 орчим тонн зэсийн баяжмал хэрэглэж, жилдээ 400 гаруй мянган тонн хүхрийн хүчил гарахаар байна. Өнөөдөр Монгол улсын нийт хүхрийн хүчлийн хэрэглээ 20 мянган тонн орчим байна. Үүнийг уусган баяжуулах технологитой “Эрдмин” болон “Ачит ихт” үйлдвэрүүдэд ашиглана. Одоогоор эдгээр үйлдвэрүүд хэрэгцээт хүхрийн хүчлээ импортоор авч байгаа. Манай дэлхийн хүхрийн үйлдвэрлэлийн 50% орчмыг хүхрийн хүчил гаргахад, 10-15%-ийг хөдөө аж ахуйн хортон шавьж устгахад, үлдэх хувийг резин үйлдвэрлэл, хиймэл торго, тэсрэх бодис, органик нийлэгжүүлэлтэд хэрэглэдэг.

5.2.3. Хөнгөн цагааныг гарган авах арга

Хөнгөн цагаан (Хөнгөн мөнгө гэж нэрлэх нь бий) (Al, лат. Aluminium) мөнгөлөг цагаан саарал өнгөтэй, зөөлөн бөгөөд хөнгөн металлын группт ордог юм. Химийн тэмдэглэгээ нь Al, атомын дугаар нь 13.

Хөнгөн цагааныг бокситыг хүдрээс ялгаж авах ба зэвэрдэггүй, бусад металлуудтай харьцуулахад маш хөнгөн, маш сайн цахилгаан, дулаан дамжуулагч тул, хөнгөн цагаан болон түүний хайлшийг пуужин, нийсэх онгоц, тээвэр, цахилгаан дамжуулах болон барилгын үйлдвэрлэлд өргөн ашиглана.

Дэлхийн царцдас дахь тархалтаараа хөнгөнцагаан нь химийн элементүүд дундаас хамгийн хүчилтөргөч, цахиурын дараа гуравдугаарт бичигддэг бол металлууд дундаа хамгийн өргөн тархсан байдаг байна. Өөрөөр хэлбэл, газрын гадаргын найман хувийг эзэлдэг ажээ. Байгальд цэврээр маш ховор тохиолдох бөгөөд 270 гаруй элементийн найрлаганд багтдаг болохыг эрдэмтэд олж тогтоожээ. Гэхдээ үйлдвэрлэхэд эдийн засгийн үүднээс зардал багатай, тэгээд ч элбэг тохиолддог нь боксит буюу хөнгөнцагааны хүдэр ажээ. Халуун, чийгтэй орчинд 4-6 метрийн гүнд байдаг бокситыг цельсийн 950-980 хэмд хайлуулж, “хөнгөн мөнгө”-ийг гаргаж авдаг байна. Өдгөө бидний хэрэглэж буй хөнгөнцагааны 99 хувийг энэ хүдрээс гаргаж авч байгааг Олон улсын хөнгөнцагааны институтын судалгаанд дурджээ. Хөнгөнцагаан бол 100 хувь дахин боловсруулах боломжтой металл юм. Өөр ямар ч металлыг дахин боловсруулахад төвөгтэй атал “хөнгөн мөнгө”-ийн хаягдлыг хайлуулж, эргүүлэн ашиглах бүрэн боломжтой ажээ. Гэхдээ хөнгөнцагааны хүдрээс анх ялгахад шаардагдах эрчим хүчний дөнгөж таван хувь нь

л анхдагч хөнгөнцагааныг дахин боловсруулах үед ашигладаг байна. Хөнгөн цагаан байгальд хамгийн их тархсан (газрын гадаргад 8%-г эзэлнэ) металл юм. Хөнгөн цагаан байгальд силикатууд (жонш, гялтгануур), мөн шаврын найрлагад байдаг. Хөнгөн цагааны нэгдлүүдээс хамгийн ач холбогдолтой нь Al_2O_3 (корунд рубин, сафир), ортоклаз ($K Al Si_3 O_{10}$), албит $NaAlSi_3O_{10}$, баналт ($Al_2 O_3 \cdot nH_2O$) юм.

- Al -г гаргах орчин үеийн арга нь Al_2O_3 -г электролизэд оруулах явдал юм.
- Хөнгөн цагаан +3 исэлдлийн зэрэг үзүүлэх бөгөөд комплекс нэгдэлдээ 4 ба 6 гэсэн координатын тоо үзүүлнэ.

Хөнгөн цагаан хүчилтөрөгчтэй эрчимтэй харилцан үйлчлэлцэж Al_2O_3 гэсэн оксид үүсгэнэ. $4Al+3O_2 \rightarrow 2 Al_2O_3$ Хөнгөн цагаан агаарт исэлдсэний дүнд түүний гадаргууд оксидын нягт бүрхүүл үүснэ. Ийм бүрхүүлүүд үүссэнээр хөнгөн цагаанаар хийгдсэн эдлэлүүд агаарт, мөн усанд маш тогтвортой байна. Хэрэв гадаргуугийн ислэн бүрхүүлийг авах юм бол хөнгөн цагаан устай харилцан үйлчлэлцэж устөрөгчийг ялгаруулна. $2Al+6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3+3H_2$

Монгол оронд элбэг байдаг боксит нь ашигт малтмалын нэгдэл бөгөөд үүнд хөнгөн цагааны исэл ба төмөр, титан, цахиурын металлын ислүүд орно, энэ нь хөнгөн цагаан олборлох байгалийн гол нөөцийг төлөөлдөг. Түүний төрлүүд нь алуנית, сиенит, нефелин, акортит, хөнгөн цагааны силикатууд, каолин зэрэг орно.

Бокситийг ил уурхайгаас олборлодог. Үүнийг агуулсан чулуулаг эсвэл шаврыг цуглуулсны дараа тэдгээрийг буталж, бөмбөлөг ба баарны тээрэмд нунтаглаж, 2 мм диаметртэй тоосонцор гарган авна. Эдгээр процесст боловсруулсан материалыг чийгшүүлсэн хэвээр байна.

Хөнгөн цагааны исэл гарган авахад 1989 онд Байерийн боловсруулсан аргыг хэрэглэнэ. Нунтагласан боксит дээр натрийн гидроксид нэмж, ууссан натрийн алюминат үүсгэдэг; бохир хольц төмөр, титан, цахиурын исэл хэвээр байна.

Бохир хольцийг цэвэрлэж, хөнгөнцагааны тригидратыг натрийн хөнгөн цагаанаас хөргөж шингэлж тунадасжуулна. Дараа нь усгүй хөнгөнцагааны хүчил, ус өгөх зорилгоор гурван зэрэгт хөнгөн цагааныг хатаана. 1 тонн хөнгөн цагаан гарган авахын тулд 4-5 тонн хүдэр хэрэгтэй бөгөөд эхний ээлжинд 2 тонн хөнгөн цагааны исэл гарч дараагийн боловсруулалтын шатанд шилжинэ.

- Хөнгөн цагааны исэлдлийн электролиз

Хөнгөн цагааныг гарган авахын тулд хөнгөн цагааны ислийг Hall-Héroult аргын дагуу электролизид оруулдаг. Энэ үйл явц нь хайлмал хөнгөн цагааны оксидыг криолит болгон багасгахад чиглэнэ.

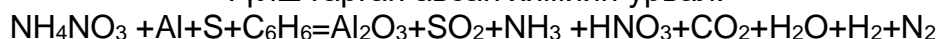
Хүчилтөрөгч нь нүүрстөрөгчийн анодтой холбогдож нүүрстөрөгчийн давхар исэл хэлбэрээр ялгардаг. Үүний зэрэгцээ суллагдсан хөнгөн цагаан нь электролитийн эсийн доод хэсэгт хуримтлагдана.

Монгол оронд барилгын хөнгөн блок үйлдвэрлэхэд ашигладаг перлит, цеолит зэрэг галт уулын халуун хайлмагаас үүсдэг хөнгөн цагааны исэл агуулсан чулуулаг байгалийн химийн нэгдлүүд дарь тэсрэх бодис, пуужингийн хатуу түлшний түүхий эд болгон ашиглахад зохих шаардлагыг хангаж байгааг төсөл хэрэгжүүлэх судалгаа туршилтын ажлын явцад харагдлаа. Хөвсгөлийн хөнгөн цагаантай ордуудыг ашиглалтад оруулах нь эдийн засгийн чухал ач холбогдолтой.

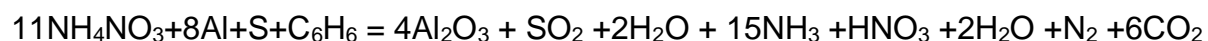
5.2.4. Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш гарган авах арга

Монгол орны нөхцөлд тохирсон өөрийн орны түүхий эд, ашигт малтмал, байгалийн баялгийг ашиглан гарган авах боломжтой химийн урвалж бодисоор үйлдвэрлэх, цаашид тэдгээрийг давхар зориулалтаар ашиглах бололцоотой, орчин үед бий болсон үйлдвэрлэлийн материаллаг баазыг түшиглэн тухайн хатуу түлшийг хийх зорилго агуулан дэлхийн олон улсад туршигдан батлагдсан технологээр судалгаагаа амжилттай гүйцэтгэлээ. Үүнд исэлдүүлэгч бодисоор аммиакийн шүүний нитрат, шатагч бодисоор хөнгөн цагааныг, шаталтыг дэмжигч хүчин чадлыг сайжруулагч бодисоор хүхэрийг сонгон янз бүрийн бүтэцтэй хатуу түлшийг гарган авч шинжлэн зохих сонголтыг хийж дүнг нэгтгэлээ.

Түлш гарган авсан химийн урвал:



Аммоны нитрат шатахдаа хамгийн их энерги гаргадаг тул түлшний бүтцэд илүү их энергитэй бодис буюу аммоны нитрат хамгийн их хэмжээтэй байх болно. Харин хөнгөн цагаан нь түлшэнд орох хоёрдогч хэмжээтэй бүтцийн бодис байна. Хүхэр болон барьцальдуулагч холбогч бодисын хэмжээ хамгийн бага байх бөгөөд хатуу түлшний бүрэн хэмжээг гүйцээнэ. Эдгээр параметруудийг хоорондоо харилцан хамаарал бүхий олон үл мэдэгчтэй тэгшитгэлийн шийдийг тодорхойлоход хэрэглэдэг. Шийд нь хязгааргүй байх тул тодорхой үр дүн хэрэгтэй. Томьёо дараах хэлбэрт шилжинэ.



Олон удаагийн янз бүрийн хувь хэмжээтэй туршилт хийхэд ойролцоо ижил шахам үр дүн гарч байсан тул аль нь чухам илүү болохыг тодорхойлоход хүнд байлаа. Хамгийн сайн ашигтай үр дүн №6 ба №7 дугаар түлшний туршилтанд гарсан бөгөөд тэдгээрийн энергийн дундаж үзүүлэлт 6.73 кДж ба 6.57 кДж байлаа. Эдгээр түлш хоёулаа адилхан хэмжээтэй хүхрийн агууламжтай боловч ялгаа нь аммоны нитрат, хөнгөн цагааны харьцаанд байсан бөгөөд, тухайлбал, №6 түлш нь аммоны нитратын грамм тутамд 0,265 г хөнгөн цагаан, №7 түлш 0,249 граммыг агуулж байв.

Хатуу түлшний бүтцийг оновчтой болгох туршилт

Эхний тэнцвэржүүлсэн химийн бүтцэнд тооцоолсон энтальпийн өөрчлөлт 6.4 кДж байв. Нэгэн зэрэг олон хариу үйлдэл үзүүлж болно; Гэсэн хэдий ч "химийн

өөрчлөлтийг дагалддаг энтальпийн өөрчлөлт нь химийн өөрчлөлт гарах замаас үл хамаарна" гэж заасан Гессийн хуулийн дагуу завсрын урвалуудыг үл тооцон дундаж энтальпийн өөрчлөлтийг ойролцоогоор 6.73 кДж гэж үзэх нь зөв юм.

5.3 дугаар хүснэгт

Туршилт	Бүтэц	Үр дүн
Туршилт №1 Түлш №1 Битүүмжилсэн	7.7358 г. NH_4NO_3 0.7448 г. Al 0.4425 г. S	Асаагүй
Туршилт №2 Түлш №2 Битүүмжилсэн	7.2900 г. NH_4NO_3 1.7000 г. Al 0.2000 г. S	7.66 кДж/г Хатуу биет үлдсэн 23 секунд шатсан
Туршилт №3 Түлш №3 Битүүмжлээгүй	7.4984 г. NH_4NO_3 1.7890 г. Al 0.2657 г. S	6.54 кДж/г Хатуу биет бага үлдсэн 10 сек шатсан
Туршилт №4 Түлш №4 Битүүмжлээгүй	7.4984 г. NH_4NO_3 1.5890 г. Al 0.2657 г. S	6.13 кДж/г Бүрэн шатаагүй 11 секунд шатсан
Туршилт №5 Түлш №5 Битүүмжилсэн	7.3984 г. NH_4NO_3 1.8890 г. Al 0.2657 г. S	Асаагүй
Туршилт №6 Түлш №5 Битүүмжлээгүй	7.3984 г. NH_4NO_3 1.8890 г. Al 0.2657 г. S	6.46 кДж/г Хатуу биет бага үлдсэн 6 сек шатсан
Туршилт №7 Түлш №6 Битүүмжлээгүй	7.4984 г. NH_4NO_3 1.9890 г. Al 0.0657 г. S	7.20 кДж/г Хатуу биет үлдээгүй 5 секунд шатсан
Туршилт №8 Түлш №6 Битүүмжлээгүй	7.4984 г. NH_4NO_3 1.9890 г. Al 0.0657 г. S	6.75 кДж/г Хатуу биет үлдээгүй 3 секунд шатсан
Туршилт №9 Түлш №6 Битүүмжлээгүй	7.4984 г. NH_4NO_3 1.9890 г. Al 0.0657 г. S	6.48 кДж/г Хатуу биет үлдээгүй 5 секунд шатсан
Туршилт №10 Түлш №6 Битүүмжлээгүй	7.4984 г. NH_4NO_3 1.9890 г. Al 0.0657 г. S	6.48 кДж/г Хатуу биет үлдээгүй 5 секунд шатсан
Туршилт №11 Түлш №7 Битүүмжлээгүй	7.5984 г. NH_4NO_3 1.8890 г. Al 0.0657 г. S	6.81 кДж/г Хатуу биет үлдээгүй 5 секунд шатсан
Туршилт №12 Түлш №7 Битүүмжлээгүй	7.5984 г. NH_4NO_3 1.8890 г. Al 0.0657 г. S	6.50 кДж/г Хатуу биет үлдээгүй 5 секунд шатсан

Туршилт №13 Түлш №7 Битүүмжлээгүй	7.5984 г. NH_4NO_3 1.8890 г. Al 0.0657 г. S	6.41 кДж/г Хатуу биет үлдээгүй 5-10 секунд шатсан
Туршилт №14 Түлш №8 Битүүмжлээгүй	7.4984 г. NH_4NO_3 1.9890 г. Al 0 г. S	Асаагүй

Бидний хийсэн судалгааны ажлын онолын хэсэгт боловсруулсан математик загварчлал, тооцоо, химийн урвал, баллистик үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох арга зүй, цэргийн хэрэгцээг тооцох үндэслэл, тавигдах шаардлагын үндсэн дээр хүссэн энергийг гаргах нь тодорхой хязгаарт оршдог учраас оновчтой бүтэц сонгон бодис тус бүрийнхээ онцлогт тохирсон үйлдвэрлэх аргыг хэрэглэх нь зүйтэй. Тийрэлтэт сум, пуужингийн хэмжээ, хүчин чадал, хэрэглээ, ашиглах нөхцөл зэргээс хамааран түлшний бүтэц, тоо хэмжээ, найрлага, үйлдвэрлэх арга өөр өөр байх байна. Бидний тооцоолсон энергийн үзүүлэлт боломжтой гэдэгт итгэлтэй байж болно; Тиймээс бид үүнийг боломжит оновчтой энергийн доод хязгаар гэж үзэж байна. Хамгийн дээд хэмжээг олохын тулд химийн бодисын хувь хэмжээг ихэсгэж, заримыг багасгах болно. Илүү өндөр энерги үүсгэхийн тулд арван грамм аммонийн нитратыг онолын хувьд туршилтын аргаар "шатааж" ойролцоогоор 27 кДж-ийн энтальпийн өөрчлөлтөд хүргэсэн бөгөөд үүнийг дээд хязгаар гэж тогтоож болно. Туршилтын үр дүнг графикаар бусад дарь, тэсрэх бодис, түлштэй харьцуулан судлав.



5.12 дугаар зураг. Төрөл бүрийн дарь, хатуу түлшний энергийн үзүүлэлт

- A – АНУ-ын Hornady бууны дарь;
- B – Уламжлалт хар дарьны энерги;
- C – Бидний гарган авсан №6 түлш;
- D – Тринитротолуол /тротил/;
- E – Онолын дээд хязгаар.

Хатуу түлш гарган авах технологийн ажилбар

1. Бодисуудыг бэлтгэх
2. Исэлдүүлэгч нитратыг нунтаглах
3. Шатагч бодис-хөнгөн цагаан, хүхрийг нунтаглах
4. Бодисуудыг холих

5. Цэнэг болгох

6. Шинжилгээ хийх зэргээс бүрдэнэ.



5.13 дугаар зураг. Бодисыг нунтаглах ажилбар

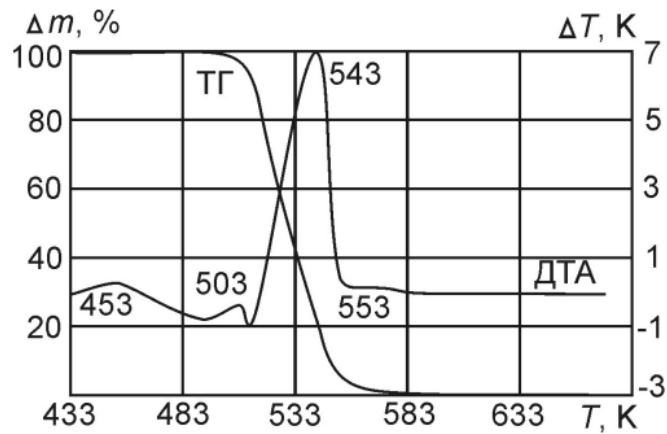
Хатуу түлшийг үйлдвэрлэх технологи бүтцийн бодисуудыг стандартын дагуу бэлтгэж бутлуураар жижиглэн нунтаглах, 20 литрийн багтаамжтай далавчтай холигчоор холих, дараа нь шурагтай нягтруулагчаар шахаж тухайн сум, пуужинд тохирсон нягттай цэнэг бэлтгэх, хатаах шат дамжлагаас бүрдэнэ. Хатуу түлш болон дарь, хөөргөх цэнэг, тэсрэх бодисыг үйлдвэрлэхэд тэдгээрийн бүтцэд ордог бодисуудыг маш сайн нунтаглах шаардлагатай байдаг, бид судалгааны ажилдаа бөмбөлөгтэй бутлуурыг хэрэглэсэн. Аммоны нитратыг дангаар нь нунтаглана. Нэлээд том хэмжээтэй жигд бүтэцтэй түлш бэлтгэх шаардлагатай байдаг, тэдгээр нь түлшнийхээ ямар ч хэсэгт адилхан бүтэц, нягттай байх, удаан хугацаагаар хадгалахад задрах, цууралт үүсэхгүй, 30 нэгж хүртэлх хүчтэй ачаалал өгөх үед өөрийн хэлбэр дүрс, жигд бүтцээ хадгалдаг байх. Тийм учраас хатуу түлшинд тогтоосон тоо, хувь хэмжээг нарийн мөрдөгдөх шаардлага тавигдана.

Аммоны нитрат исэлдүүлэгчтэй ХХТ түлш нь аммоны перхлораттай түлшнээс баллистик үзүүлэлтээр бага байдаг боловч НА хямд, олдоц ихтэй, шаталтын бүтээгдэхүүнд нь хлор байдаггүй давуу талтай, байгаль орчинд хор аюул багатай, хямд үнэтэй ХХТ үйлдвэрлэх бололцоотой. Гарган авсан хатуу түлшийг шалгахдаа юуны өмнө энергийн хэмжээ, түүний шаталт, хий ялгаруулах чадвар, ажиллах хугацаа, шаталтын хийн бүтээгдэхүүн зэргийг шинжилнэ. Энергийн хэмжээг дулааны шинжилгээ хийж тодорхойлно. Татах хүчний хэмжээ түлшний шаталтын температуртай шууд хамааралтай байдаг тул ХХТ-ийн энергийн үзүүлэлтийг өсгөх зорилгоор түүний бүтцэд 18 % хүртэл хэмжээгээр металлын нунтаг, гол төлөв хөнгөн цагааны нунтагийг хольдог. Хөнгөн цагааны нунтагийн шатах температур бусад шатагч бодисоос илүү байдаг, 3800 К хүрдэг. ШУА-ын хими, хими технологийн хүрээлэнгийн лабораторт термогравиметр багажаар дулааны хэмжээг тодорхойлсон. Төслийн гэрээт ажилтан, химич-инженер Б.Солонгоо БНХАУ-д үйлдвэрлэсэн GDY-1C загварын калориметрийн бөмбөг багажаар хатуу түлшний илчлэгийн хэмжээг, Япон улсад үйлдвэрлэсэн HITACHI загварын TG/DTA 7300 термогравиметрээр бидний гарган авсан хатуу түлшэнд дулааны шинжилгээ хийж үзүүлэлтүүдийг тодорхойллоо. Атмосферын даралтад задгай агаарт 570...715 К хүртэл температурт төмөр хавтан дээр загвараа байрлуулан савны гаднаас халааж туршилтыг хийнэ. Хольц бүрийг шинжилж тус бүр 3 удаа хэмжилт хийж, харьцуулахын тулд задарч эхлэх үеийн температур T_{bd} ба эрчимтэй задрах үеийн температур T_{bid} тодорхойлж тэдгээрийг ашиглан ДТА, ТГ график байгуулна. ОХУ-д арай илүү хямд үнэтэй дараах багажуудыг хэрэглэдэг бөгөөд тэдгээрийг худалдан авах бололцоотой, тухайлбал, Унгар улсад үйлдвэрлэсэн дериватографыг ашиглан дулааны дифференциал шинжилгээ ДТА, термогравиметр ТГ багажуудаар шинжилгээ хийж үзүүлэлтүүдийг, Уран-1 эсвэл Уран-2 төхөөрөмжөөр хугацааг, зэс калориметрээр дулааны урсгалын идэвхжилийн хэмжээг тодорхойлно. Эдгээр багажийг хэрэглэх арга, харьцах журмыг миний бичсэн номонд тодорхой тусгасан.

Туршилтад 10 мм диаметртай, 5 мм зузаантай цилиндр хэлбэртэй ХХТ-ний загварыг хэрэглэсэн. Түүнийг босоо чиглэлд чөлөөтэй хөдөлдөг шонд бөхөлсөн. Оч үүсэх мөч нь асалт эхлэх хугацаа юм. Халаасан хавтантай залгаж нүдэнд харагдахаар оч үүсэх хүртэлх хугацаа нь асалт үргэлжлэх хугацаа юм. Асалт үргэлжлэх хугацааг 0,2 секундын нарийвчлалтай секундомерээр хэмжинэ.



5.14 дүгээр зураг. Хатуу түлшний энергийн үзүүлэлтийг шалгах GDY-1C багаж



5.15 дугаар зураг. Хатуу түлшний дулааны дифференциал шинжилгээ

Хатуу түлш шатах үед ялгардаг дулааны энерги буюу илчлэг чанар түүний энергийн үндсэн үзүүлэлт болно. Гол төлөв түүний дулааны хэмжээ буюу илчлэгийг ($Q_{ж}$) тусгай калориметрийн төхөөрөмжинд /5.14 дүгээр зураг/ хатуу түлшийг шатааж дараа нь шаталтын бүтээгдэхүүнийг 18°C (291°K) хэм хүртэл хөргөж (энэ үед усны

уур бүрэн гарсан байх ёстой) туршилт хийж тодорхойлох аргыг судалгаандаа хэрэглэсэн.

5.4 дүгээр хүснэгт

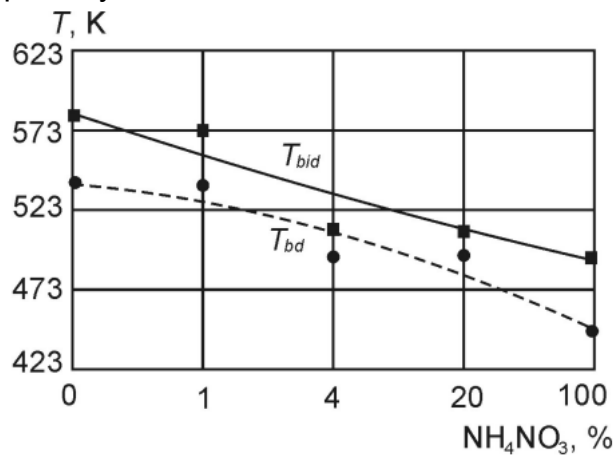
ХХТ-ний задрах температур

Түлш №	T_{bd}	$T_{0.1d}$	$T_{0.5d}$	T_{bid}
6	388	453	483	483
7	389	453	478	582

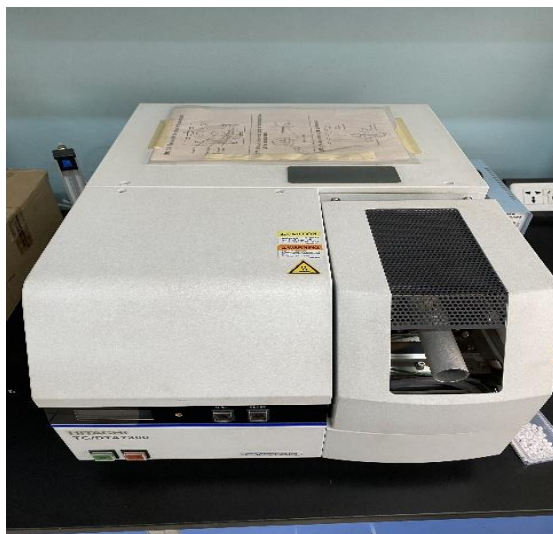


5.16 дугаар зураг. Хатуу түлшний задрах температурыг тодорхойлох байдал

5.17 дугаар зурагт НА-ын хэмжээг өөрчлөхөд анхны болон задралын температурын хамаарлыг тусгав.



5.17 дугаар зураг. Аммоны нитратын хэмжээнээс температур өөрчлөгдөх хамаарал

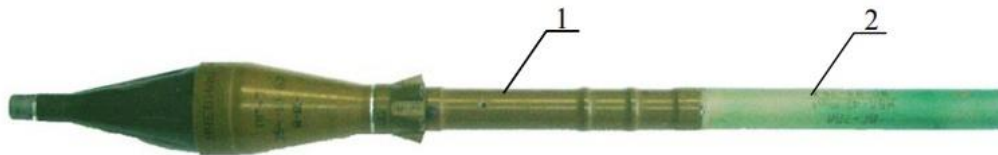


5.18 дугаар зураг. Дулааны дифференциал шинжилгээний TG/DTA 7300 багаж

Эдгээр шинжилгээний дүнд бидний гарган авсан аммоны нитрат-78%, хөнгөн цагааны нунтаг-19 %, хүхэр - 2%, бензол - 1% бүтэцтэй түлш нь тийрэлтэт сумны хатуу түлшэнд тавигдах шаардлагыг бүрэн хангаж, зохих стандартад тохирч байгааг нотолж байна.

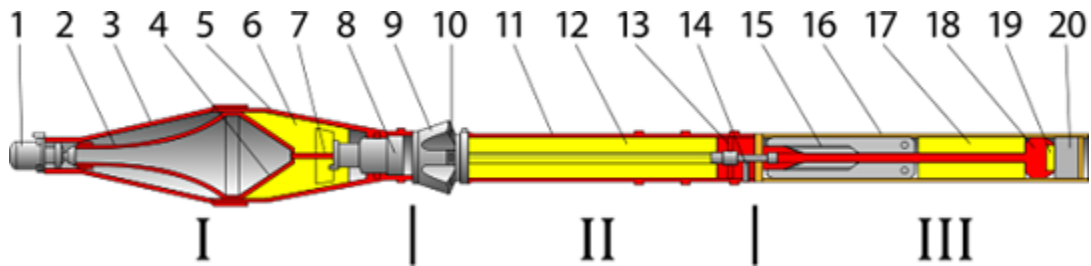
5.3. Гранатометын сургалтын гранат үйлдвэрлэх технологи

Монгол Улсын Зэвсэгт Хүчинд ашиглагдаж байгаа тийрэлтэт хөдөлгүүртэй сумны нэг төрөл нь мотобуудлагын салбарын үндсэн зэвсэглэл болох РПГ-7 гранатометын хатуу түлштэй ПГ-7В сум юм. Жил бүр цэргийн бэлтгэл сургуульд нэлээд хэмжээний байлдааны гранатаар буудлага үйлдэж стратегийн нөөцөөсөө зарцуулж байна. Одоо ОХУ-д байлдааны ПГ-7В гранат 3000 рублийн үнэтэй байгаа бөгөөд манай Зэвсэгт хүчний сумны нөөц тун бага байна. Тиймээс сургалтын зориулалттай инертийн цэнэгтэй гранатометын сум үйлдвэрлэх нь эдийн засаг, улс төр, нийгэм болон батлан хамгаалах чадавхыг дээшлүүлэхэд чухал ач холбогдолтой. ПГ-7В сум нь байлдааны толгой, тийрэлтэт хөдөлгүүр, гарааны цэнэг, тогтворжуулагч зэргээс бүрдэнэ. Байлдааны сум 2,2 кг жинтэй, анхны хурд 120 м/с, аяны хурд 300 м/с, харааны холын тусгал 500 м, хуяг нэвтлэх чадвар 400 мм,



5.19 дүгээр зураг. ПГ-7В сумны ерөнхий дүрс 1-ПГ-7 танк эсэргүүцэх тийрэлтэт гранат, 2-ПГ-7П гарааны дарин цэнэг

Гранатометын гранатын дотоод бүтэц, зохион байгууламж



5.20 дугаар зураг. ПГ-7В гранатын ерөнхий дүрс

I — толгойн хэсэг,	II — тийрэлтэт хөдөлгүүр,	III — дарин цэнэг,
1 — тэсрүүлэгчийн толгой,	9 — цоргоны төхөөрөмж,	15 — тогтворжуулагч,
2 — гүйдэл дамжуулагч ,	10 — цорго,	16 — цаасан хонгио,
3 — арьс,	11 — хөдөлгүүрийн их бие,	17 — дарин цэнэг,
4 — цоргигч конус,	12 — хатуу түлш,	18 — сэнс,
5 — их бие,	13 — хөдөлгүүрийн ёроол,	19 — трассер,
6 — тэсрэх бодис,	14 — асаагуур,	20 — таглаа.
7 — дамжуулагч,		
8 — тэсрүүлэгчийн ёроол,		

Бид энэ удаагийн судалгааны ажлаар түүний тийрэлтэт хөдөлгүүрийн хатуу түлшийг гарган авч сургалтын гранатад хэрэглэх технологийг боловсрууллаа.

Танк эсэргүүцэх гранатометын сургалтын гранат хийх технологи

Сургалтын гранатад байлдааны толгойн хэсэг байдаггүй түүний оронд инертийн цэнэгтэй толгойтой байдаг. Гранат байны орчинд тэсрэхгүй. Сургалтын сумны геометр хэмжээс байлдааны сумныхтай бүгд адил байж буудлагын баллистик үзүүлэлтүүдийг хангана. Сумны толгойн диаметр 85 мм буюу өөрийнхөө калибраас илүү байдаг тул илүү калибртай сум гэж нэрлэдэг.

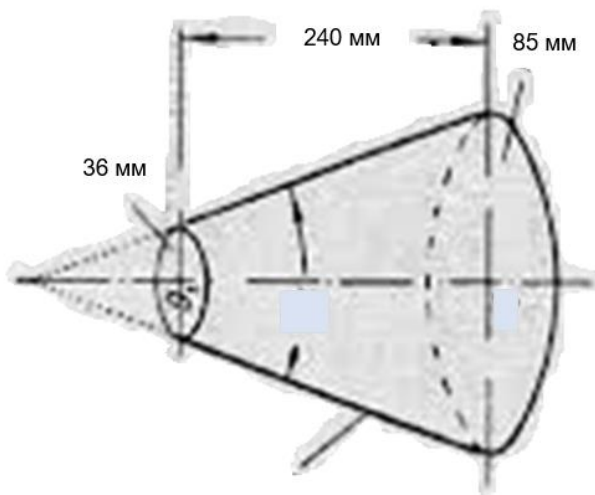
1. Гранатын толгойг хийх ажилбар

Хэрэглэх багаж тоног төхөөрөмж: Токарь, фрезерийн суурь машин, дарханы багаж, резьба татагч, ган хоолой, хэмжилтийн багаж, гипс, шахуурга, гагнуурын хэрэгсэл.

Сумны хушууг хийхийн тулд 85 мм-ийн диаметртай ган хоолойг ашиглаж үзүүр болон сүүл хэсгийг шувтан конус болгон дотор нь инертийн цэнэг байрлууллаа, инертийн цэнэгийг гипсээр хийх нь буудлагын үед илүү тогтвортой болохыг судалгаагаар нотоллоо. Сумны хушууны толгойд ВП-7М тэсрүүлэгчтэй

адил хэмжээтэй эд ангийг хөдөлгөөнгүй резьбатай угсарч хийнэ. Их биетэй уулзах хэсгийг шайбаар зурагт үзүүлсэнээр бөхөлнө. Гранатометын сум нь буудлагын даялалд эргэлдэх хөдөлгөөнд орох тул тэсрүүлэгчийг бөхлөх шаардлага гардаг. Гадна талын хэмжээс, овор үүсэх налуу өнцөг, зууван дүрс байлдааны гранаттай адил байна. Энэ нь буудлагын тооцоог хийх мэргэн тусгалыг хангах, баллистик үзүүлэлтийг хангана.

Гранатын толгойн урд хэсгийг хийх арга



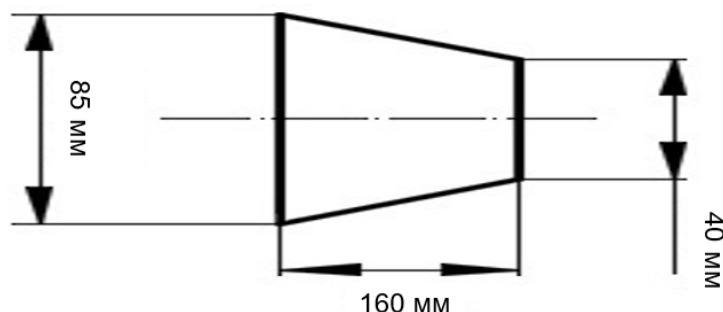
5.21 дүгээр зураг. Гранатын толгойн урд хэсэг

Харин тэсрүүлэгчийн жин байлдааны ВП-7М тэсрүүлэгчтэй адил байх шаардлагагүй гол нь сумны хушууны жин адил байх шаардлагатай. Ерөнхий жинг инертийн цэнэгний гипсийн хэмжээг өөрчлөн тохируулна.



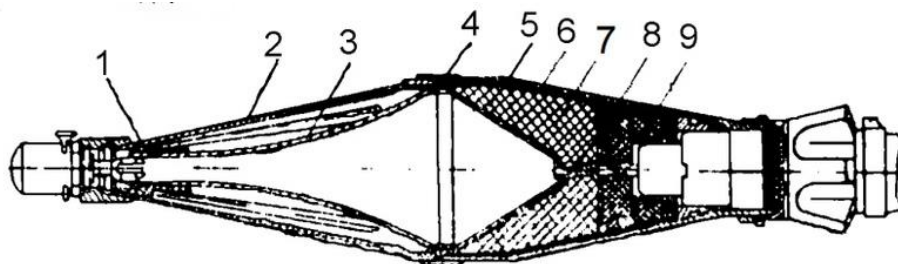
5.22 дугаар зураг. Инертийн ВП-7М тэсрүүлэгч

Тэсрүүлэгчийн диаметр 36 мм, урт 52 мм, жин 80 грамм байхаар тооцож бэлдэцийг хийсэн. Тэсрүүлэгчийг хийсний дараа толгойн сүүл хэсгийг зохих хэмжээнд тохируулан бэлтгэнэ.



5.23 дугаар зураг Гранатын толгойн сүүл хэсэг

Их биетэй холбогдох хэсгийг резьбатай хийсэн. Ердийн гангаар хийж их биетэй холбоно. Их биетэй холбогдох хэсгийн диаметр 85 мм, сүүл хэсгийн диаметр 40 мм байхаар шувтан хийж налуугийн өнцгийг тохируулна. Сүүл хэсэг тийрэлтэт хөдөлгүүртэй холбогдоно. Түүний урт 160 мм.



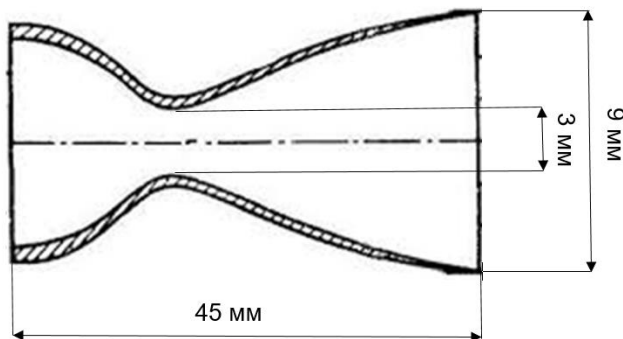
5.24 дүгээр зураг. Сургалтын гранатын толгойн хэсэг

1-тэсрүүлэгч, 2-арьс, 3-гүйдэл дамжуулагч, 4-холбогч цагираг, 5-инертийн цэнэгний сав, 6-их бие, 7-гипсээр хийсэн инертийн цэнэг, 8-бөхлөгч цөн, 9-инертийн цэнэгний ар талын хэсэг.

2. Тийрэлтэт хөдөлгүүрийн их биеийг хийх аргачлал

Тийрэлтэт хөдөлгүүр нь гранатыг байнд хүргэх гол үүрэгтэй, пуужингийн хатуу түлшийг байрлуулна. Түүний толгойд цоргоны төхөөрөмж байрлана. Хатуу түлш шатах, шаталтын бүтээгдэхүүн гадагш урсах халуун, дулаан ялгаруулдаг үйл явц явагдааг тул түүнийг хийх материал нь дулаанд тэсвэртэй, муу хайлдаг металл байх шаардлагатай, тэдгээр материалын нэр төрөл, шинж чанар, ашиглах аргыг судалгааны онолын хэсэгт дэлгэрэнгүй тусгасан. Сургалтын гранатын тийрэлтэт хөдөлгүүр бууны гол төмрөөс 120 м/с анхны хурдтай гарч байгаа сумыг 340 м/с хүртэл өсгөх үүрэгтэй тул түүнийг нарийн технологээр үйлдвэрлэнэ. Өмнөх бүлэгт

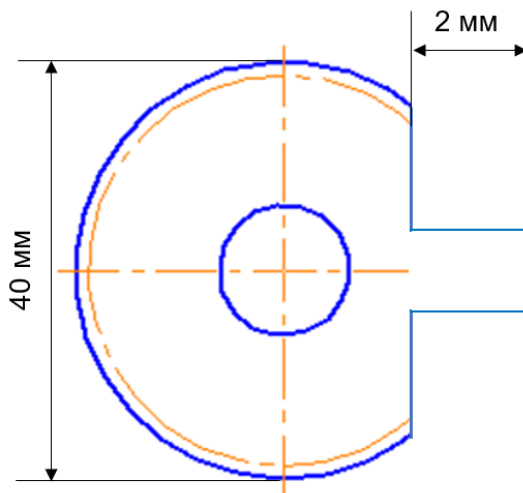
тусгасан хөдөлгүүрийн материал, түүнийг хамгаалах арга зүйн үндсэн дээр зохих тооцоо хийж 6 ширхэг цоргыг суурийн хамт ширмээр цутгаж хийлээ.



5.25 дугаар зураг. Цорго

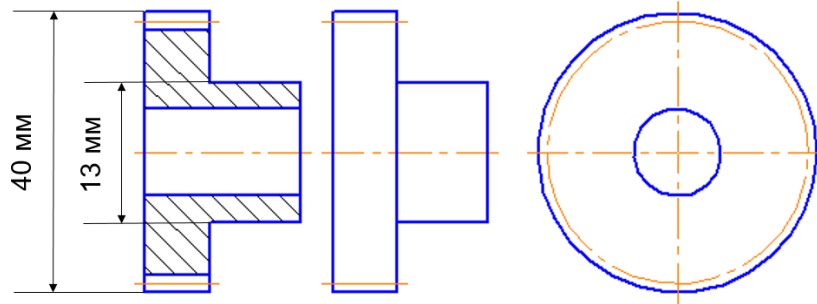
Цоргоны суурийн урт 45 мм, хананы зузаан-3 мм, гадна үзүүрийн дотоод диаметр 9 мм, дотор үзүүрийн диаметр-3 мм, өөрөөр хэлбэл, цорго нь гадагшаа өргөсөж хатуу түлшний шаталтын бүтээгдэхүүн халуун хийг гарган тийрэлтэт хүчийг үүсгэнэ. Цоргоны нүхний налуу 22° , дотор талд нь хатуу түлшийг цутгаж байрлуулна. Тийрэлтэт хөдөлгүүрийн толгойтой холбогдох хэсгийн үзүүрт резьба татаж толгойтой холбоно.

Цоргоны суурийн төгсгөлд буюу тийрэлтэт хөдөлгүүрийн аман дээр тогтоогч бүхий шайбыг байрлуулна. Шайбаны дотор диаметр 40 мм, тогтоогчийн өндөр 2 мм. Тогтоогч гранатыг бууны гол төмөр дотор бялт-асаагуурын эсрэг талд тохируулан хөдөлгөөнгүй байрлуулах үүрэгтэй.



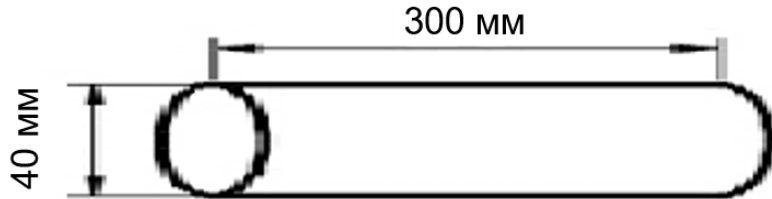
5.26 дугаар зураг.Тогтоогч бүхий шайб

Хөдөлгүүрийн арын хэсгийн дотор талд резьба татаж маршийн цэнэгийн ёроолын таглааг байрлуулна. Энэ таглаа нь голдоо болон дороо нүхтэй, үзүүртээ 13 мм диаметртай шайбатай.

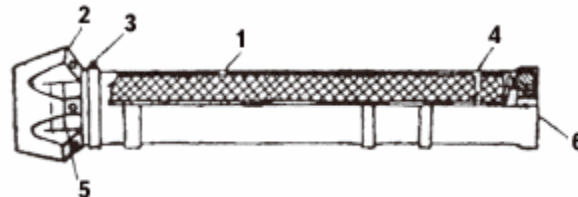


5.27 дугаар зураг. Ёроолын таглаа

Тийрэлтэт хөдөлгүүрийн их бие нь цилиндр хэлбэртэй, урт 30 см, диаметр 40 мм, хоёр үзүүртээ резьбатай. Ёроолын таглааны голын нүхэнд хар дарин гал дамжуулагчийг доод талын нүхэнд бялт-асаагуурыг байрлуулна.



5.28 дугаар зураг. Хөдөлгүүрийн их бие



5.29 дүгээр зураг. Тийрэлтэт хөдөлгүүр. 1- Их бие, 2- Цорго, 3-Тогтоогч, 4- Бүслүүр, 5-Цоргоны суурь, 6- Ёроол.

3. Гарааны цэнэгийг хийх аргачлал

Гарааны цэнэгийн их бие дотор тогтворжуулагч, дарин цэнэг, суманд эргэлдэх хөдөлгөөн үүсгэх үүрэгтэй ёроолын сэнс, трассер, түгжих таг зэргээс бүрдэнэ. Их биеийг бат бөх картоноор хийдэг, түүний урт 500 мм, гадна диаметр 40 мм, хананы зузаан 3 мм, урд хэсгээрээ маршийн тийрэлтэт хөдөлгүүртэй голын резьбатай үзүүрээр холбогдоно. Дарин цэнэг нитроглицерин туузан дарь байна. Буудлага үйлдэх үед бууны цохигч гранатын бялт асаагуурыг цохиж өдөөнө. Үүссэн галын дөлөөс дарин цэнэг асч, түүнээс үүссэн хий трассерыг асаан ёроолын сэнсэнд үйлчлэн гранатыг эргэх хөдөлгөөнд оруулсанаар гранат гол төмрөөс эргэлдэн гарч 120 м/с хурдтай гарна, энэ үед их хэмжээний шаталтын бүтээгдэхүүн

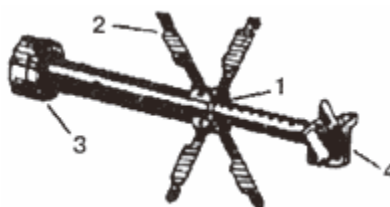
бууны ар тал руу хаягдах тул 20-30 метр зайнд ард хүн, хялбар шатах шингэн, тэсрэх бодис байхыг хориглоно.



5.30 дугаар зураг. Гарааны цэнэгийн бүтэц

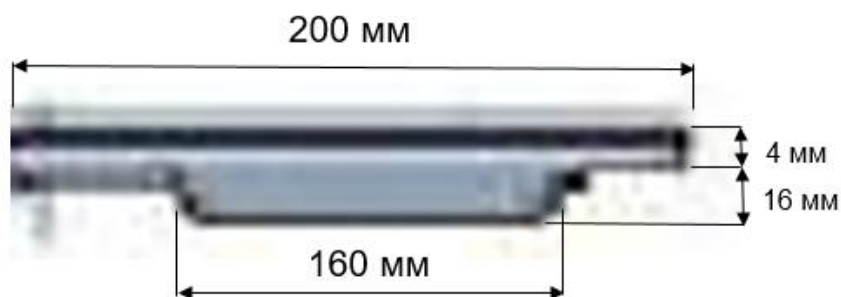
4. Тогтворжуулагчийг хийх аргачлал

Тогтворжуулагч нь гранатыг даялалд тогтвортой нисэх бололцоог хангах үүрэгтэй, хэрээс, 4 далавч, хамгаалагч таг, ёроолын сэнс зэргээс бүрдэнэ.

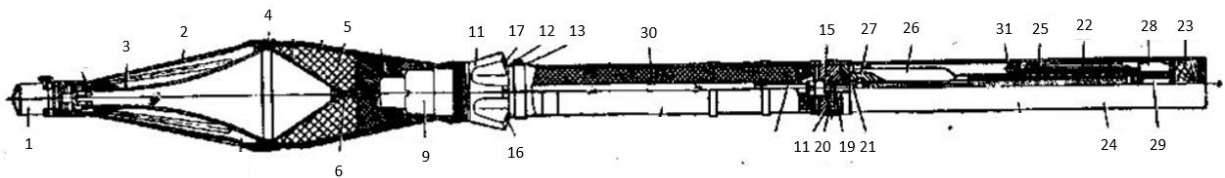


5.31 дүгээр зураг. Тогтворжуулагч. 1-Хэрээс, 2-далавч, 3- Хамгаалагч таг, 4- ёроолын сэнс.

Тогтворжуулагчийн далавч хэрээсэнд бат бөх холбогдон гол дээрээ эвхэгдэн гарааны цэнэгийн картон гэрт эвхээстэй байрлана. Бууны амнаас гранатыг гарахад чөлөөтэй дэлгэгдэхээр зохион бүтээгдэнэ.



5.32 дугаар зураг. Далавч



5.33 дугаар зураг. Гранатометын сургалтын гранатын ерөнхий бүтэц

1.-хоосон тэсрүүлэгч, 3- дотор конус, 2- арьс, 4-холбогч цагираг, 5- инертийн гипсэн цэнэг, 6-арын таг, 9-толгойн сүүл хэсэг, 11- цоргоны суурь, 12- тогтоогч, 13-цагираг, 15-ёроол, 16-цорго, 17-хаалт, 18-хөндлөн суваг, 19-нүх, 20-бялт-асаагуур, 21-үзүүр, 22-туузан дарь, 23- таг, 24- картон хонгио, 25-тогтворжуулагч, 26-далавч, 27-хамгаалагч таг, 28-сэнс, 29-трассер, 30-хатуу түлш, 31- тогтворжуулагчийн далавчны суурь.

БУУДЛАГА ҮЙЛДЭХ АРГАЧЛАЛ

Сургалтын гранатаар буудлага үйлдэхдээ байлдааны гранаттай адил харьцаж, буудлагын дүрэм, аюулгүй ажиллагааны зааврыг мөрдөнө. Эхний ээлжинд сумаа бэлтгэж үзлэг хийнэ. Анхаарах зүйл:

- Сумны их бие, цэнэг гэмтэлтэй эсэхийг шалгана, гэмтэлтэйг хэрэглэж болохгүй;
- Сум, цэнэгийг огт унагааж болохгүй;
- Буу болон сумыг зөвхөн зориулалтын хайрцаганд хадгалах;
- Сум, дарин цэнэгийг нарны шууд тусгалаас хамгаалах;
- Савнаас зөвхөн буудахын өмнө гаргах;
- Сургалтын суман дотор байлдааны сум байгаа эсэхийг сайн шалгах хэрэгтэй.

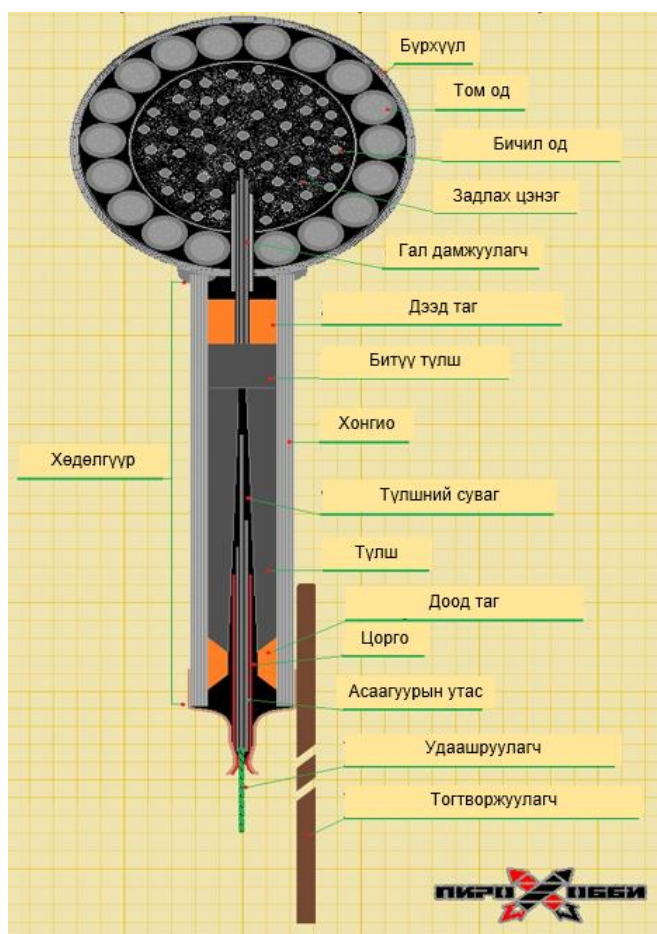
Буудагч гранатометоор буудах дүрэм, харьцах заавар, түүний хүчин чадал, ажиллагааны журам, баллистик тооцооллууд, байны талаарх өгөгдөхүүн, байг сөнөөх арга барилыг сайн мэдэж буудлага үйлдэнэ.

Буудлага: -бэлтгэл ажил, -буудах, -буудлагыг зогсоох гэсэн 3 үе шатаас бүрдэнэ. Буудлагыг зөвхөн баруун мөрөн дээрээс үйлдэнэ. Галт байрыг зөв сонгох хэрэгтэй. Сургалтын гранат нь байлдааны толгойгүй боловч хөөргөх, гарааны цэнэг нь байлдааны гранаттай адил тул аюулгүй арга хэмжээг сахих шаардлагатай, буудагчийн ард 90° зурваст 20-30 метр зайд хүн мал, тэсрэх бодис, хялбар асдаг бодис, шингэн байж болохгүй. Тогтворжуулагчийн далавчийг газар болон хамгаалалтын гадаргуунд хүргэхгүйн тулд бууны ам газрын хөрс эсвэл хамгаалалтын гадаргуунаас 20 см –ээс дээр байх ёстой. Бүх тохиолдолд буудлага үйлдэхдээ гранатометын их биеийг газарт болон ямар нэг биет дээр тавьж тулгуурлан буудахыг эрс хориглоно. Их элстэй болон намагтай газар, ойд буудлага үйлдэхдээ буудахаар бэлэн болгосон сумаа заавал цүнхэнд хийж хадгална. Бууны

гол төмрийн арын хэсэг нуувч ба далдлалтын хананы хооронд 1-2 метр зайтай байна. Түүнээс гадна салхины чигийг харгалзах хэрэгтэй, учир нь гранатометоор буудлага үйлдэх үед их хэмжээний утаа үүсч дараачийн буудлаганд саад болно.

5.4. Хатуу түлштэй пиротехникийн пуужин үйлдвэрлэх технологи

Пуужингийн хатуу түлштэй хөдөлгүүрийн үйлчлэлээр агаарт хөөрч пиротехникийн тодорхой үзүүлбэр харуулдаг пуужин юм. Бөмбөлөг, том ба бичил од, задлах цэнэг, гал дамжуулагч утас бүхий толгойн хэсэг, хөдөлгүүр зэргээс бүрдэнэ.



5.34 дүгээр зураг. Хатуу түлштэй пиротехникийн пуужин

Хэрэглэх багаж, химийн урвалж бодис

- Пуужин суурилуулах багаж, нүдүүрүүд,
- Манометртэй шахуурга, эсвэл резин буюу модон алх,
- 1 мм, 0,2-0,1 мм нүхтэй шүүр,
- юүлүүр,
- хэмжүүрийн халбага,

- хавтан,
- өрөмнүүд,
- зохих диаметртэй гөлгөр гадаргуутай цохигч,
- шприц,
- пластик сав,
- жинлүүр,
- хөдөлгүүрийн их биеийг хийх картон хонгио,
- крафт цаас, эсвэл картон,
- бичгийн буюу ердийн ПВА цавуу,
- тогтворжуулагч хийх саваа,
- калийн нитрат,
- хүхэр,
- нарс эсвэл хусны нүүрс,
- муурны элс,
- асаагуур,
- удаашруулагч.

Пуужингийн түлш хийх арга

Урвалж бодисыг нунтаглах

Хольцот хатуу түлшний бүтцэд азотын хүчлийн кали, хүхэр, модны нүүрс орно. Бодисууд маш цэвэр, ямар нэг хольцгүй байх ёстой, эсрэг тохиолдолд хөдөлгүүрийн ажиллагаанд доголдол үүснэ. Цэвэр байхаас гадна маш хуурай байх шаардлагатай. Пуужингийн түлшний орцын хувь хэмжээг тодорхойлно.

5.5 дугаар хүснэгт

20 мм-ийн пуужингийн үзүүлэлт, түлшний бүтэц

KNO ₃ %	C* %	C** %	S, %	Минерал тос, %	Түлшний жин,г	Зохих ачаалал,г	Шөвөгний урт, мм
75	15	-	10	+3	95	400	150
60	14	16	10	-	85	300	150
61	30	4	5		85	250	150
58	33	-	9		80	250	150
60	33		7		84	250	150
60	30		10		40	150	100
58	33		9		35	130	100

Түлшний хэмжээ орц хөдөлгүүрийн калибр, түлшний сувгийн урт, цорго байгаа эсэх, хамгийн их ашигтай ачааллын хэмжээ зэргээс хамаарна. Анхны өгөгдөхүүнээ бэлэн болгож тооцоо хийсний дараа бэлтгэх ажилбар эхэлнэ. Хамгийн

түрүүнд бодисоо жигнэж, 100-200 микрон хүртэл хэмжээтэй нунтаглана.Эхлээд нитратаа, дараа нь шатагч бодисоо-модны нүүрстэй хүхрээ тусад нь нунтаглана. Бөмбөглөгтэй тээрэм, эсвэл кофе нунтаглагчаар нунтаглана. Дараа нь нунтаглагчаа сайн цэвэрлэх хэрэгтэй. Исэлдүүлэгч шатагч бодистой хамт нунтаглагдвал өөрөө асах аюултай. Кофе нунтаглагчийг тасралтгүй 30 секунд ажиллуулна. Хэрэв илүү ажиллуулах бол 5-7 минут амраагаад 4-5 удаа нунтаглана. Хөргөхгүй бол асах аюултай.

Холих, чийглэх, хатаах ажилбар

Нунтагласны дараа шүүрээр шүүж, сайн холино.Полиэтилен уутанд шүүж хийгээд амыг хаана. 3-4 минут холиод хуванцар буюу шаазан саванд юүлнэ. Дараа нь норгоно. Шприцээр норговол сайн. Тоосрохоос сэргийл. Түлшний жингийн 3-5 % ус, эсвэл 25 % этилийн спиртээр норгоно. Резин бээлийтэй гараар базаж норгож чийгшүүлнэ. Барималын шавар шиг болох ёстой. Бага зэргийн хольцыг таслан аваад 1 мм –ийн шүүрээр цаас буюу хавтан дээр үрнэ. 100 грамм түлшийг А4-ийн 4 ширхэг цаасан дээр жигд тараан байрлуулна. Тусгай хатаагч төхөөрөмжинд, эсвэл наранд салхигүй газар цаасаа байрлуулж хатаана. Агаарын чийгшил 50-60 %, 35-40 градус температурт 2-3 цаг, хэрэв тасалгааны температурт хатаах бол бүтэн хоног хатаана. Ойр ойрхон эргүүлэх хэрэгтэй. Хатсаны дараа зөөлөн дарж үрэл болго. Хэрэв цоргогүй хөдөлгүүр бол минерал тосоор дэвтээнэ.

Пуужингийн хөдөлгүүрийг угсрах арга

Цорготой хөдөлгүүрийг угсрах арга Хонгиогоо шөвөг яг голд орохоор хавтан дээр байрлуулна. 1-1,5 халбага цорго хийх материалаа хийнэ, муурны элсээр сүүлийн үед их хийх болсон.

Манометртэй шахуурга эсвэл модон ба резин алхаар нягтаруулна. Түлшээ хийхээс өмнө хонгио болон нүдүүр дээр хэмжээ заасан тэмдэг тавь. Нүхгүй битүү шахсан түлш мөн трассер ба удаашруулагчийн үүрэг давхар гүйцэтгэнэ..Хонгион дээрээ юүлүүрээ тавьж муурны элсний эхний хэсгийг хийгээд хамгийн урт нүдүүрээр жигд шахаж өгнө. Дараа нь шахуургаар шахна. 1-1,3 тонн хүчээр шахна. 1,5 тонноос хэтрүүлж болохгүй. Хонгионы бат бөхөөс хамаарна.Хэрэв шахуурганы оронд резин, эсвэл модон алх хэрэглэж байгаа бол 15-20 удаа дунд зэргийн хүчээр нүдүүрийн яг голд нь цохино. Бүх хүчээрээ цохиж болохгүй.Тавьсан зураасаараа хэмжиж элс, түлшээ тохируул. Нүдүүрээ урт богиноор нь тааруулах хэрэгтэй. Шахаж дууссаны дараа суурины шөвөгнөөс хөдөлгүүрээ маш болгоомжтой ав. Түлшээ гэмтэхээс сэргийлнэ. Гар чийдэн тусгаж хөдөлгүүрийн сувгаа шалган түлш гэмтсэн эсэхийг үзнэ. Аяархан цохиход түлш унахгүй бөгөөд цоргоны элс маш бат бөх байх ёстой. Хэрэв түлш гоожиж байвал хэрэглэхийг хориглоно. Тийм хөдөлгүүр хөөргөх үед задарч дэлбэрдэг.

Бэлэн болсон хөдөлгүүрээ битүүмжилсэн оч үүсдэггүй саванд хадгална.

Өрөмдөх аргаар суваг хийх аргачлал

Галын болон тэсрэх аюултай ажилбар тул хамгаалалтын арга хэмжээ авах хэрэгтэй. Чихэвч, нүдний шил, галд тэсвэртэй бээлий хэрэглэ. Өрөмийг хэт халаахаас сэргийл.

Энэ арга нь хөдөлгүүр бэлтгэх дээрх аргатай адил боловч пуужингийн суурь, шөвөг зэрэг багаж байхгүй тохиолдолд хэрэглэдэг. Нүхгүй битүү нүдүүр хэрэглэнэ.Бусад үйлдэл адил байдаг. Шахсаны дараа өрөмөө сонгоно. Гүний хэмжээ тавь.Өрөмөө хэд хэд оруул. Шуруп эсвэл дрелээр өрөмдөж болохгүй.

Пуужинг угсрах арга

Халуун цавуугаар наана. Хөдөлгүүрийн толгойд цавуу түрхээд гал дамжуулагч утсыг нүхээр нь оруул. Толгойн хэсэгтэй нийлүүлж удаан бариад цавууг хатаа. Мөн утсаар ороож тогтоодог арга байдаг. Дараа нь асаагуурын утсыг бэлтгэнэ. Гадагш 20-30 мм гал дамжуулагч утас цухуйхаар үзүүр гаргана. Бүрээсийг хуулсан асаагуурын утсыг нүхээр нь хийж түлшэнд оруулна.Түүнд удаашруулагчийг холбоод утсаар ороож бөхлөх хэрэгтэй. Тогтворжуулагчийг хөдөлгүүрийн доод хэсэгт үзүүрийн 5-7 см –т цавуу түрхэж наалдуулан бөхлөнө. Хөдөлгөөнгүй байх ёстой. Мөн найдвартай байлгах зорилгоор гал дамжуулагч утсыг тогтворжуулагчид наалдуулна.

Пуужинг хөөргөхөд бэлэн боллоо.

5.5. Судалгааг хөгжүүлэх, үр дүнг инноваци болгох чиглэл

5.6 дугаар хүснэгт

Судалгаа, хөгжүүлэлтийн ажлын нэр	Тийрэлтэт сумны хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи боловсруулах
Судалгаа, хөгжүүлэлтийн ажлын төрөл	Улсын төсөл
Судалгаа, хөгжүүлэлтийн ажлын төсөв	62 сая төгрөг
Хэрэгжүүлсэн хугацаа	2021-2022 он
Хэрэгжүүлсэн байгууллага	Батлан хамгаалахын эрдэм шинжилгээний хүрээлэн, төслийн удирдагч доктор, профессор, чөлөөнд байгаа хурандаа А.Хүү-Ухна, төслийн зөвлөх шинжлэх ухааны гавьяат зүтгэлтэн, доктор, профессор, чөлөөнд байгаа хурандаа Ш.Паламдорж, төслийн гүйцэтгэгчид доктор, хурандаа Б.Далайбаатар, Б.Мөнхсайхан, Б.Эрдэнэбат, доктор, галт хэрэглэлийн инженер Б.Чадраабал, доктор,ахмад Б.Батбаяр, докторант С.Мөнхсаруул, магистр Г.Хүрэлбаатар.
Гарсан үр дүнгийн төрөл	Батлан хамгаалах судлал, техник, технологи дамжуулалт, реинженеринг

<p>Судалгаа, хөгжүүлэлтийн ажлын товч түүх</p>	<p>2011-2015 онуудад хэрэгжүүлсэн цэргийн зориулалттай дарь, тэсрэх бодис, байлдааны сум, гар гранат үйлдвэрлэх технологи сэдэвт улсын төслийн судалгаа, хөгжүүлэлтийн үндсэн дээр тухайн төслийг үргэлжүүлэн улсын батлан хамгаалах чадавхийг дээшлүүлэх, стратегийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх, импортоос хэт хамааралтай эдийн засгийн хараат байдлыг бууруулах зорилгоор тийрэлтэт сумны хатуу түлш үйлдвэрлэх эрдэм шинжилгээ судалгааны ажил гүйцэтгэж технологийг боловсруулан туршилт хийж зохих үр дүнд хүрсэн</p>
<p>Улсын эдийн засагт оруулсан хувь нэмэр</p>	<p>Эх орныхоо байгалийн баялаг, түүхий эдэд тулгуурласан үйлдвэрлэл хөгжүүлэх боломжийг нээж, тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэх технологийг боловсруулсаны үндсэн дээр Монгол оронд элбэг байдаг хужир шүүг боловсруулан пуужингийн хатуу түлшний түүхий эд гарган авч улмаар уул уурхайн тэсрэх бодис үйлдвэрлэх боломж нээгдэн давхар зориулалтын бүтээгдэхүүний үйлдвэр ашиглалтад орно.</p>
<p>Үр дүнгийн нийгэмд оруулсан хувь нэмэр</p>	<p>Монгол орны стратегийн нөөцийн судалгаа хийж дарь, тэсрэх бодис, хатуу түлшний түүхий эдийн бүтцийн химийн элементүүд, органик болон органик бус бодис, коллоид системийн шинжилгээг нарийвчлан хийж, Монгол оронд байгаа нөөц, ордуудын байршил, шинж чанар, байгаль дээр оршин байгаа хэлбэр, бүтэц, тэдгээрийг гарган авах арга, үйлдвэрлэх аргачлал, цэргийн зориулалттай дарь болгох технологи зэргийг боловсруулсан нь бүтээлийн үнэ цэнэ, ач холбогдол зөвхөн цэргийн шинжлэх ухааны хүрээнд бус нийгэм, хими, физик, техник, технологи, уул уурхай, хүнд, хөнгөн аж үйлдвэрийн салбаруудыг хамарсан өргөн хүрээтэй, шинжлэх ухааны судалгааны өндөр түвшинд гүйцэтгэсэн дорвитой бүтээл болсон юм. Төслийг хэрэгжүүлсэнээр батлан хамгаалах аж үйлдвэрлэлийн цогцолбор хөгжих эх суурь тавигдаж, ажлын байр нэмэгдэн, байлдааны бэлэн байдал дээшлэн, зэвсэг, галт хэрэглэлийн стратегийн хангалтад дэвшил гарч байна.</p>

Хувийн хэвшилтэй хамтарсан судалгаа, технологи дамжуулалт хэрэгжүүлсэн бол түүний тухай	Монгол Оросын хамтарсан уул уурхайн тэсрэх бодисын Монмаг ХХК-ын лабораторт дарь, хатуу түлш, тэсрэх бодисын хүчин чадал, шинж чанар, баллистик үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсоноор цэрэг иргэний харилцаанд болон ижил төсөөтэй үйлдвэрлэлийг хорших, улс ардын аж ахуйн салбарыг хөгжүүлэх, хэрэглээний химийн үйлдвэрлэлийн шинжлэх ухаанч хандлага, бодит үр ашгийг дээшлүүлэн, чанартай бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх эхлэлийг тавьсан.
Ирээдүйн бодит үр ашиг, өгөөж	Олон улсад өрсөлдөх чадвар бүхий үндэсний шинжлэх ухаан, технологи, инновацын тогтолцоог хөгжүүлэх, шинжлэх ухаан, технологийг улс орны тогтвортой хөгжлийн үндсэн хүчин зүйлсийн нэг болгон хөгжүүлж, үр ашигтай үндэсний инновацын тогтолцоог бүрдүүлэх, улмаар ирээдүйд пиротехникийн үйлдвэр байгуулан тийрэлтэт сум үйлдвэрлэх, бага оврын пуужин хөөргөх эхлэл тавигдана.

Төслийн үр дүнд “Пиротехник судлал” 3 боть, “Тийрэлтэт сум пуужингийн хатуу түлш” зэрэг 4 ном, гранатометын сургалтын гранат ашиглах заавар зэргийг бичиж хэвлүүлэн уншигчдын гар дээр очиж олны хүртээл болсоны зэрэгцээ зэвсэг, техник, дарь, тэсрэх бодис, пуужин, материал судлалын чухал гарын авлага болж инженер техникийн ажилтан, эрдэмтэн судлаачдын бүтээл туурвих, эх орноо хөгжүүлэх үйлсэд хувь нэмэр оруулахад нь зохих оюуны дэмжлэг болж байна. Төслийг хэрэгжүүлэх хугацаанд тухайн сэдвээр эрдэм шинжилгээний хуралд 8 илтгэл хэлэлцүүлж, мэрэгжлийн сэтгүүлд 3 материал нийтлүүлсэн.

Эрдэм шинжилгээний ажлын бүтээл.

1. Төслийн удирдагч А.Хүү-Ухнаагийн 2021 онд туурвисан Пиротехник судлал 3 боть ном БХЯ-наас зарласан эрдэм шинжилгээний шилдэг бүтээл шалгаруулах уралдааны аюулгүй байдал, батлан хамгаалах судлал төрөлд тэргүүн байр эзэлсэн.
2. Төслийн ажилтан Г.Хүрэлбаатарын зохион бүтээсэн Нисгэгчгүй нисдэг аппаратын катапульт бүтээл мөн уралдааны техник, технологи, инновацийн төрөлд 2-р байрын шагнал хүртсэн.
3. Төслийн багийн гишүүн Т.Түмэнбаяр Буудлагын зэвсгийн хонгио үйлдвэрлэх технологи сэдвээр эрдэм шинжилгээ судалгааны ажил гүйцэтгэж ҮБХИС-ийн эрдмийн зөвлөлийн хурлаар хэлэлцүүлэн батлуулж цэргийн ухааны докторын зэрэг горилсон бүтээл туурвиж байна.
4. Төслийн удирдагч А.Хүү-Ухна: “Зэвсэг, галт хэрэглэлийн стратегийн хангалт, түүнийг шийдвэрлэх зарим асуудал” сэдвээр цэргийн шинжлэх ухааны доктор(Sc.D) –ын зэрэг хамгаалж, хатуу түлш болон түүгээр цэнэглэсэн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх технологийг тусгаж, судалгааг цаашид хөгжүүлэх арга зам, чиглэлийг тусгасан.

5.6. Хатуу түлш үйлдвэрлэх аюулгүйн дүрэм

Цэргийн зориулалттай дарь, тэсрэх бодис, тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш нь аюулын өндөр зэрэглэлтэй, харьцах, ашиглах, үйлдвэрлэх нарийн горимтой, технологийн дүрэм, зааврыг ягштал мөрдөх шаардлагатай онцгой тогтолцоо юм. Үүний өмнөх судалгааны ажлын явцад боловсруулсан тэсрэх бодис үйлдвэрлэх аюулгүйн дүрмийг баримтлахын зэрэгцээ дараах арга хэмжээг хэрэгжүүлэх хэрэгтэй. Үйлдвэрлэл нь зөвхөн мэрэгжлийн хүн эрхлэх ёстойг анхаарах шаардлагатай. НҮБ-ын ерөнхий ассамблейн чуулганаар батлагдсан МТРБ

1. Багажад хуурай бодисыг хийхдээ шүүж арчсан, шингэн бодисыг цэвэрлэсэн байна. Бодисыг цэвэрлэх, түүхий эд, хагас боловсруулсан бүтээгдэхүүнд үзлэг хийх аргыг технологийн бичиг баримтанд тусгасан байх ёстой;

2. Пуужингийн хольцот хатуу түлш (ПХХТ) болон түүгээр хийсэн эдлэлийг үйлдвэрлэх, тээвэрлэхэд хөдөлмөр хамгаалал, галын аюулгүйн болон дарь, тэсрэх бодистой харьцах дүрэм, тэдгээрийн шаардлагыг мөрдөж биелүүлэх;

3. ПХХТ–тэй ажиллах үед өнгөт металл, хуванцар, фторпласт, резин зэрэг оч үүсгэдэггүй технологийн зааварт заасан багажийг хэрэглэх;

4. Тэсрэх, галын аюултай бодис, тэдгээрээр хийсэн эдлэлтэй болон зайн удирдлагатай өрөөнд орох журам, байх хугацааг технологийн зааварт тусгах;

5. ПХХТ үйлдвэрлэх үйл явцыг зохицуулах, шалгах хянах ажиллагааг бүрэн автоматжуулж, зайнаас удирддаг, үндсэн гол технологийн үзүүлэлтүүдийг зайнаас бичиж тодорхойлдог байх;

6. ПХХТ-ний бүрэлдэхүүнд ордог бодис тус бүрийг тухайн бодисын хадгалалтын заавар, тавигдах шаардлагын дагуу тусгай өрөө, тасалгаа, агуулахад хадгална;

7. Бодисуудыг хадгалж байгаа өрөөний температур, чийгшилийг зохих заавар, дүрэм, технологийн журамд заасан хэмжээнд байлгах;

8. Оч үүсгэдэггүй материалаар хийсэн багажаар тусгай зориулалтын өрөөнд бодисын савыг задлах;

9. Бодисуудыг зориулалтаар нь хольж бүлэг болгох ажиллагааг тусгай байшинд, эсвэл тусгай өрөөнд зохих дүрмийн дагуу бэлтгэх;

10. Бодисуудыг бэлтгэхдээ бүлэг тус бүрийн өрөөнд янз бүрийн бүлгийн бодисоос тоос үүсэхээс урьдчилан сэргийлэх;

11. Бэлэн болсон хольцыг бохирдох, чийгшихээс хамгаалж зориулалтын саванд хийж тээвэрлэх буюу зөөх;

12. Тэсрэх бодис, исэлдүүлэгч, шатагч бодисыг тусгай өрөөнд зориулалтын тоног төхөөрөмж ашиглан жигнэх;

13. Ажиллагааг зайнаас удирддаг тусгай зориулалтын кабинд байрлуулсан төхөөрөмжөөр ПХХТ-ийн бодисуудыг холих;

14. Зохих заавар, дүрмийг чанд баримталж хязгаартай бага хэмжээний бодисоор туршилтын ажлыг гараар хийхийг зөвшөөрнө;

15. Зохион бүтээлт, технологийн зааварт заасан хэмжээнээс цахилгааны хүчдэл илүү гарах тохиолдолд нэн даруй автоматаар салдаг багаж төхөөрөмжөөр бодисыг хольдог, эдлэлд бодисыг хийдэг аппаратууд хангагдсан байх;

16. Холигч төхөөрөмжинд бодисуудыг хольсоны дараа кабины хаалгыг түгжиж зайнаас удирдан юүлэх;

17. ПХХТ болон бодисуудын тоосыг өрөөний хана, тааз, шал, багажнаас цэвэрлэхдээ заасан хугацаанд байнга зааврын дагуу хийх;

18. Бодис хольдог үйлдвэрлэлийн өрөөнд хатаагуурын шкаф байрлуулахыг зөвшөөрнө;

19. Бодис, хольц, түлшний зуурмаг болон түүгээр хийсэн эдлэлийг ханаар тусгаарлагдсан тусгай өрөөнд байрлуулсан агаарыг халаагч аппаратаар дамжин ирдэг халуун агаараар үлээлгэж хатаана;

20. Зохион бүтээлт, технологийн баримт бичгэнд заасан журмын дагуу хатууруулах ажиллагааг хүнгүй үед зайнаас гүйцэтгэж шалгана;

21. ПХХТ болон эдлэлийг хатууруулж хатаасны дараа үйлдвэрлэлийн өрөөний тасалгааны температуртэй болох хүртэл байлгах;

22. Хольцыг шахах ажиллагааг автоматжуулж зайнаас удирдах, эсвэл хамгаалалтын хананы цаана хийх;

23. Шахуургыг тусгай кабинд байрлуулах, эсвэл, хамгаалалтын төхөөрөмжтэй, ажиллагсадыг тэсрэлтээс хамгаалсан байх; зайн удирдлага кабины эсвэл, хамгаалалтын төхөөрөмжийн гадна байрлах, цахилгааны хүчдэл зааварт зөвшөөрсөн хүчдлээс илүү болох үед автоматаар салдаг системтэй байна;

24. Кабин, хамгаалалтын төхөөрөмжийн хаалга, хаалт шахуургын асаах болон ажиллуулах товчноос тусгаарлагдсан байх;

25. Хольц, бодисуудыг хэмжих, орц хэмжээг тохируулах ажиллагааг жигнэж, эсвэл хэмжүүрийн саваар тусгай өрөөнд хийх, хэрэв ажлын байранд жигнэх шаардлагатай бол бусад ажлын байрнаас тусгаарласан хамгаалалтын хэрэгсэлтэй байна, ажлын байрны байрлал аюул тохиолдсон үед хүмүүсийг хурдан тарах нөхцлийг хангасан байх;

26. ПХХТ, эдлэлийн механик боловсруулалтыг тусгай төхөөрөмжилсөн суурь машинаар зориулалтын тасалгаа, байранд хийх;

27. ПХХТ-ийн механик боловсруулалтын суурь машинууд зорогдосыг тасралтгүй зайлуулах төхөөрөмжтэй, технологийн дүрэм зөрчсөн тохиолдолд салдаг зайн удирдлагатай, зэргэлдээ өрөөнүүдээс тусгаарлагдсан тусгай өрөөнд байрлах;

28. Үйлдвэрлэлийн байр гадагшаа эдлэл, хэрэгсэл цацагдахаас хамгаалах хамгаалалтын төхөөрөмжөөр хангагдсан байх, технологийн бичиг баримт, зааварт эдлэлийг гадагш хаягдахаас хамгаалах журмыг нарийн тусгаж өгөх;

29. Тэсрэх, шатах, галын аюултай бодис ялгаруулдаг ПХХТ-ийн хольцыг холигчийн хийн болон битүүмжилсэн хоолойд хийх, мөн холигчийг битүүмжлэхдээ тусгай салангид шугмаар хийх;

30. Сав, хайрцаг, эд анги, их бие, гүйцэтгэн цэнэглээгүй болон бэлэн эдлэлийг засварын байран дотор тээвэрлэхдээ технологийн дүрмийг чанд баримтлах;

31. Эдлэлийн үрэлдэгч эд ангиудыг өнгөт металл, тэдгээрийн хайлшаар үйлдвэрлэх, эдлэлийг бөхөлдөг эд ангиудыг мөн өнгөт металл, хайлшаар хийсэн бүрээстэй, резин, полимер материалаар хийх;

32. Бэлэн эдлэл, их бие, эд анги, хагас боловсруулсан бүтээгдэхүүнийг технологийн төлөвлөлтөөр тогтоосон газарт савлах, хураах;

33. Битүүмжлэгч насосын хамгаалалтын системийн аппаратын төрөл, шүүлтүүрийн материалын бодисыг болон технологийг боловсруулагч тогтоох бөгөөд технологийн баримт бичигт тусгасан байна.

34. Аммиакийн шүүг хадгалах тээвэрлэх үед халалт, галын дөл, оч үйлчлэх гадны биет орох, чийгшлээс хамгаална. Аммиакийн шүүтэй агуулахад ил гал гаргахыг хориглоно

35. Шүүг бусад материал, бодистой хамт хадгалахыг хориглоно. Харин уут буюу чингэлэгт битүү савлалттай бол хамт хадгалж болно.

36. Натрийн шүү бол хортой, үл шатагч бодис, исэлдүүлэгчийн үүрэгтэй, бусад органик шатагч бодисуудтай холилдохоос хамгаалах хэрэгтэй

37. Агуулахаас хөнгөн цагааны нунтаг бүхий лаазыг тээврийн хэрэгслийн хуурай тэвшин дээр тагийг дээш харуулан нэг эгнээ ачиж, боловсруулах, үйлдвэрлэх байранд тээвэрлэнэ. Агаарын тунадас, нарны шууд тусгалаас хамгаалж, тэвшийг брезинтээр бүтээнэ.

38. Гал унтраах автомат системтэй бол тэр нь гараар залгагдах залгууртай байна. Гал унтраах автомат систем ажиллах үед байшинд ажиллагчид болон зайн

удирдлагын залгуур, галын ангид дохио өгөгдөх ёстой. Гал унтраах автомат системийг зогсоох, салгах асуудлын төсөлд тодорхой тусгана.

ТАВДУГААР БҮЛГИЙН ДҮГНЭЛТ

Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэх технологийг боловсруулахдаа юуны өмнө дотооддоо үйлдвэрлэх түүхий эд, техник, тоног төхөөрөмж, лабораторын шинжилгээ хийх боломж зэргийг харгалзан үзлээ. Хатуу түлш нь шатахдаа их хэмжээний дулаан ялгаруулдаг тул түүний хөдөлгүүр, бусад эд ангийг хийхэд шаардагдах металл, хамгаалалтын хэрэгсэл зэргийг үйлдвэрлэхэд шаардлагатай түүхий эдийн нөөц, ашигт малтмал, гарган авах арга, эрдэс бодисын судалгааг нэлээд дэлгэрэнгүй тусгав. Манай оронд үйлдвэрлэх бололцоотой хатуу түлшээр хольцот хатуу түлш гэж үзлээ, учир нь түүний бүтцэд ордог аммоны нитрат, хөнгөн цагаан, хүхрийг дотооддоо гарган авах бололцоотой гэж үзээд бодис тус бүрийн түүхий эдийн нөөц, байгаль дээр оршин байгаа эрдэс хүдэр чулуулаг, тэдгээрийн тархалтыг судалж тайландаа орууллаа. Бодис тус бүрийг бэлтгэх технологи, тэдгээрийн стандарт, гарган авах аргын шинжлэх ухааны үндэслэл, онол, зүй тогтол, хэрэгжүүлэх аргачлал зэргийг боловсруулж туршилт хийн зарим өгөгдөхүүнийг тодорхойллоо. Дэлхий дахинд мөрдөж байгаа пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэдэг арга, бодисын хувь хэмжээг мөрдлөгө болгон нэлээд олон туршилт хийж хээрийн судалгааны нөхцөлд аюулгүйн дүрэм, арга хэмжээний дагуу сургалтын гранат, загварын пуужинд байрлуулан туршихад зохих үзүүлэлтүүдийг хангаж байна гэж төслийн багийн гишүүд үзэж, инженерийн холбооны гишүүдээс бүрдсэн шинжээчдээс ашиглах бололцоотой гэсэн дүгнэлт гаргуулсан.

Хатуу түлшний үйлдвэрлэх технологийг боловсруулах зорилгоор лабораторын нөхцөлд түлшний хувь хэмжээг тохируулах, шаталтын үр дүнг шинжлэх, шаардагдах тийрэлтэт хүч үүсгэх, шатах хугацаа, ялгаруулах дулааныг шинжлэх зэрэг судалгаа хийж зохих түлш гарган авлаа. Энэхүү судалгааны үр дүн нь хэмжилтийн чанар, багаж тоног төхөөрөмжөөр хязгаарлагдах боловч бүтцийн найрлага ба энерги, хүчин чадал хоорондын хамаарлын талаар өргөн ойлголттой болсон. Илүү нарийвчлалтай хэмжилтүүд нь хэмжсэн утгуудын алдааны хязгаарыг бууруулж, онолын утгатай харьцуулах боломжийг олгоно. Пуужингийн түлш №6 нь энэхүү туршилтын хүрээнд ажиглагдсан хамгийн их энергийг гаргадаг боловч хамгийн сайн жорыг гаргасан гэж дүгнэж болохгүй. Одоогоор зөвхөн дээр дурдсан судалгаа туршилтын ажил дээр үндэслэн энергийн хэмжээг 6.73 кДж-аас 27 кДж хооронд үйлдвэрлэж болно гэж үзэж байна. Ийнхүү хольцот хатуу түлшний бүтэц нь аммоны нитрат-78 %, хөнгөн цагаан 19 %, хүхэр-2 %, бензол-1 % гэсэн бүтэцтэй байхад зохих энергийн үзүүлэлт, хүчин чадлыг гаргаж чадна гэж үзлээ.

ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ

Монгол орны батлан хамгаалах чадавхыг дээшлүүлэх, Зэвсэгт Хүчний зэвсэг техникийн байлдааны бэлэн байдал, чанар, үүрэг гүйцэтгэх чадварыг зохих түвшинд хүргэх, улс орны цэргийн хүчин чадлыг өндөржүүлэхэд зэвсэг, галт хэрэглэлийн стратегийн хангалт, түүний шинжлэх ухаанч хандлага онцгой ач холбогдолтой.

Улс орны тусгаар тогтнолын баталгаа нь стратегийн бүтээгдэхүүнээр гадаад орноос хараат бус байх, импортын оновчтой зөв бодлого баримтлах, шинжлэх ухааны шинжилгээ судалгаа, инновацыг стратегийн ач холбогдолтой салбаруудад төвлөрүүлж, эдийн засгийн бүтээмж, өрсөлдөх чадавхыг нэмэгдүүлэхэд эх орондоо зэвсэг, галт хэрэглэл үйлдвэрлэх, байгалийн баялаг, ашигт малтмал, түүхий эдийн нөөц дээр түшиглэсэн дарь, тэсрэх бодис, галт хэрэглэлийн үйлдвэр байгуулж Зэвсэгт Хүчний байлдааны чадавхыг олон улсын түвшинд хүргэх, Монгол Улсын Зэвсэгт хүчнийг өөрийн үйлдвэрийн тэсрэх бодисоор хангахын тулд байлдааны зориулалттай тэсрэх бодис, дарь, пуужингийн хатуу түлш үйлдвэрлэх үндэсний технологийг эзэмших онол, практикийн үндсийг тавьж, Зэвсэгт Хүчний нөөцөд байгаа сум, галт хэрэглэлийн нөөцийг сэргээн шинэчлэх боломжийг нээж, цэргийн зориулалт бүхий тэсрэх бодисыг худалдан авдаг валютыг хэмнэхэд чиглэсэн судалгааны ажил, БХЯ-ны захиалгатай энэхүү улсын төслийг гүйцэтгэлээ.

Орчин үеийн байлдаанд тийрэлтэт сум, пуужин нь шийдвэрлэх үүрэгтэй бөгөөд цаашид ч энэ хандлага хэвээр байх тул тэдгээрийг эх орондоо үйлдвэрлэх нь стратегийн онцгой ач холбогдолтой тул эхний ээлжинд тэдгээр зэвсэг, галт хэрэглэлийн гол бүрдүүлэгч элемент болох дарь, тэсрэх бодис, хатуу түлшийг үйлдвэрлэх хэрэгтэй. Үүний тулд өмнөх жилүүдэд гарааны хөдөлгүүрийн цэнэгийн дарь, байг устгах сумны их биеийг цэнэглэх тэсрэх бодисын судалгаа хийгдэж үйлдвэрлэх арга зүй технологийг боловсруулсан бөгөөд энэ удаагийн судалгааны ажил нь тэдгээрийн үргэлжлэл буюу тийрэлтэт сум, пуужинг байнд хүргэх хатуу түлшний шинжилгээ юм. Байнд хүргэх хөдөлгүүрийг шингэн ба хатуу түлшээр цэнэглэх боловч нэлээд олон давуу талтай учир хатуу түлшийг үйлдвэрлэх зорилт тавьсан болно. Манай оронд 1960-70-аад онуудад зэвсэглэлд ирсэн пуужингууд шингэн түлштэй байсан тул хадгалалтын хугацаа дууссанаас одоо ашиглах боломжгүй байгаа, мөн дэлхий нийтийн хандлага хатуу түлшийг давуу гэж тооцох болсон. Хатуу түлшийг баллистит ба хольцот түлш гэж ангилдагаас Монгол оронд байгаа эрдэс бодис, түүхий эд, ашигт малтмалын нөөцийн судалгаанд тулгуурлан хольцот түлшийг үйлдвэрлэхэд илүү ашигтай гэж үзлээ. Энэ судалгааны ажлаар Монгол орны байгалийн баялаг, ашигт малтмал, түүхий эдийн нөөц, тэдгээрийг гарган авах арга болон бүх төрлийн түлшний онолын судалгааг нэлээд дэлгэрэнгүй хийсэн тул ирээдүйн судалгааны ажилд чухал ач холбогдолтой. Хольцот түлшийг химийн үйлдвэр хөгжөөгүй манай орны нөхцөлд үйлдвэрлэх бололцоотой гэж үзлээ.

Хольцот түлшний исэлдүүлэгч бодис идэвхтэй хүчилтөрөгч ихтэй, дулаанаас үл хамааран исэлдэх, физик-химийн тогтвортой байдлыг хангаж чийгэнд бага өртөх үйлдвэрлэх, ашиглах үед аюулгүй, хоргүй, хатуу түлш үйлдвэрлэх технологийн горимд шатагч бодистой сайн тохирох, өндөр хэмд бат бөх, тэсвэртэй байх кали, аммоны перхлорат, мөн кали, натри, аммоны нитрат, зарим тохиолдолд аммоны

пикрат мэтийн органик нэгдэлийг хэрэглэнэ. Бид аммоны нитратыг сонгон исэлдүүлэгч болгон авлаа. Шатагч бодисоор хөнгөн цагаан, хүхрийг ашиглан хатуу түлшийг боловсруулсан технологийн дагуу гарган авч олон удаагийн туршилт хийн зохих энергийн үзүүлэлттэй хатуу түлш гарган дулааны дифференциал болон термогравиметрийн шинжилгээ хийлээ. Аммоны нитрат 7,4984 г, хөнгөн цагаан-1,9890 г, хүхэр-0,0657 г бүтэцтэй хатуу түлш зохих шаардлагыг хангаж байна гэж үзлээ. Тухайн шаардлагыг хангасан 2 төрлийн түлш гарсан бөгөөд хоёулаа адилхан хэмжээтэй хүхрийн агууламжтай боловч ялгаа нь аммоны нитрат, хөнгөн цагааны харьцаанд байсан бөгөөд, тухайлбал, №6 түлш нь аммоны нитратын грамм тутамд 0,265 г хөнгөн цагаан, №7 түлш 0,249 граммыг агуулж байв. Барьцалдуулагч бодис бензолыг хэрэглэсэн.

Түлш гарган авах урвал

$11\text{NH}_4\text{NO}_3 + 8\text{Al} + \text{S} + \text{C}_6\text{H}_6 = 4\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 15\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + 6\text{CO}_2$
Шаталтын бүтээгдэхүүнд хатуу үлдэгдэл үлдээгүй бөгөөд №6 түлш 6,73 кДж дулаан ялгаруулж 5 секунд хугацаанд шатсан нь зохих шаардлагыг хангаж байна гэж үзлээ.

Монгол оронд элбэг ургадаг малын тэжээл болох хужрыг азотын хүчлээр исэлдүүлж аммоны нитратыг гарган авах бололцоотой. Хөнгөн цагаан болон хүхрийг гарган авах технологи, химийн урвал, тооцоо, хүчил төрөгчийн тэнцэл, хэрэглэх багаж тоног төхөөрөмж, лабораторын шинжилгээ зэргийг тайланд тусгаж зарим багажийг худалдан авч БХЭШХ-ийн дарь, тэсрэх бодис, галт хэрэглэл судлалын лабораторт байрлуулан цаашид ашиглах нөхцлийг бүрдүүлсэн. Тухайлбал, бодисын бүтцийг спектрийн аргаар шалгадаг фотоспектрометр багаж худалдан авсаны үр дүнд нитратыг шинжлэх бололцоотой болсноор бодисуудыг нитратжуулан дарь, тэсрэх бодис, хатуу түлшний түүхий эдийг бэлтгэхэд стандартын бодис гарган авах эх үндэс боллоо. Хатуу түлшийг үйлдвэрлэх технологи бүтцийн бодисуудыг стандартын дагуу бэлтгэж бутлуураар жижиглэн нунтаглах, 20 литрийн багтаамжтай далавчтай холигчоор холих, дараа нь шурагтай нягтруулагчаар шахаж тухайн сум, пуужинд тохирсон нягттай цэнэг бэлтгэх, хатаах шат дамжлагаас бүрдэнэ. Бүрэн гүйцэт хатсан цэнэгийн асах температурыг тодорхойлон, дулааны дифференциал болон термогравиметрийн шинжилгээ хийнэ. Эдгээр багаж ШУА-ийн хими, хими, технологийн хүрээлэнгийн нүүрсний илчлэгийг шалгадаг лабораторт бий. Судалгааны үр дүнд аммоны нитрат 78%, хөнгөн цагаан 19%, хүхэр 2%, бензол 1% бүтэцтэй хатуу түлш зохих шаардлагыг хангана гэж үзлээ. Хатуу түлшээр цэнэглэсэн хөдөлгүүртэй пиротехникийн пуужин хийх арга зүйг боловсруулан түүнд шаардагдах бодис, хэрэгсэл үйлдвэрлэх технологийг тусгасан 3 боть ном бичиж хэвлүүллээ. Загварын пуужингийн түлшийг орчин үеийн технологээр гарган авч туршсан нь амжилттай болж Монгол оронд үйлдвэрлэх эхлэл тавигдлаа, түүнийг малын тэжээлийн хужраас гарган авсан натрийн сульфатыг нитратжуулан калийн догшин шүү гарган авч сорбиттой хольж, 65:35 харьцаатай нягтруулан хатуу түлштэй цэнэг хийж загварын пуужингийн хөдөлгүүрийг цэнэглэн туршив.

Гэрээнд заасан зорилтуудыг бүрэн биелүүлж улсын төслийг амжилттай хэрэгжүүллээ.

Эх сурвалж

1. Монгол Улсын үндэсний аюулгүй байдлын үзэл баримтлал. 3.2.5.1. заалт;
2. Монгол Улсын үндэсний аюулгүй байдлын үзэл баримтлал. 3.2.5.2. заалтын сүүлчийн хэсэг;
3. А. Хүү-Ухна. Зэвсэг, галт хэрэглэлийн стратегийн хангалт, түүнийг шийдвэрлэх зарим асуудал. УБ., 2022., Цэргийн шинжлэх ухааны докторын зэрэг горилсон диссертац.
4. Хүү-Ухна.А. Пиротехник судлал, боть 1.,2, 3 ..УБ.: Сэлэнгэпресс., 2021.,223х, ISBN 978-9919-24-762-1.
5. Хүү-Ухна.А. Тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлш. УБ.,2022., 216 х, ISBN 978-9919-0-0202-2.
6. Военная доктрина Российской Федерации. Москва, 20 декабря 2014 г. [Электронный ресурс] // Президент Российской Федерации: [сайт]. [2014] URL: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/41d527556bec8deb3530.pdf> (дата обращения: 23.04.2020)
7. Дискуссию подробно см. в: Кокошин А. Политико-военные и военно-стратегические проблемы национальной безопасности России и международной безопасности. М.: ВШЭ, 2013; Gormley D. Nuclear Disarmament and Russian Perceptions of U.S. Conventional Superiority // Security Challenges. - 2010. - Vol. 6. No.
8. Lewis J., Litai X. Making China's Nuclear War Plan // Bulletin of the Atomic Scientists. - 2012. - Vol. 68. No 5. - Pp. 45-65.
9. Караганов С., Суслов Д. Сдерживание в новую эпоху [Электронный ресурс] // Россия в глобальной политике: [сайт]. [2019]. URL: <https://globalaffairs.ru/number/Sderzhivanie-v-novuyu-erokhu-20174> (дата обращения: 13.09.2019).
10. Монгол Улсын Их Хурлын 2010 оны 48 дугаар тогтоолын хавсралт. Монгол Улсын үндэсний аюулгүй байдлын үзэл баримтлал. 3.2.1.7. заалт;
11. Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолын нэгдүгээр хавсралт. “Алсын хараа - 2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого. Зорилт -2.4.;
12. Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолын нэгдүгээр хавсралт. “Алсын хараа - 2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого. Зорилтыг хэрэгжүүлэх I үе шат;
13. Монгол Улсын Засгийн газрын 2017 оны 295 дугаар тогтоолын хавсралт Төрөөс шинжлэх ухаан, технологийн талаар баримтлах бодлого. 2.1. заалт;
14. Монгол Улсын Их Хурлын 2015 оны 85 дугаар тогтоолын хавсралт. Монгол Улсын батлан хамгаалах бодлогын үндэс. 4.6. заалт;
15. “Алсын хараа-2050” Монгол Улсын Их Хурлын 2020 оны 52 дугаар тогтоолын нэгдүгээр хавсралт. “Алсын хараа - 2050” Монгол Улсын урт хугацааны хөгжлийн бодлого. 7.1.14. заалт;
16. Волков. Е.Б. Твёрдотопливные ракеты. М., Машиностроение., 1992., 283 с;
17. *Ветров В. В. и др.* Основы устройства и функционирования противотанковых управляемых ракет / под ред. А. Г. Шипунова. — Тула : ТулГУ, 2006. — ISBN 5-7679-0867-0;
18. Я.М. Паушкин. Ракетные топлива / Б.И. Трифонов. — Ракетная и космическая техника. — Москва: Мир, 1975. — С. 8—12. — 188 с;
19. Тихонов. С.И. Неуловимый ракетный мститель. Томск, 2014. с14-25;
20. Аммония перхлорат №ООН 1442 (UN 1442);
21. (Патент США 3984265, МПК⁴ С 06 D 5/06, опубл. 05.10.76);

22. /www.wiki.ru-ru.nina.az/Твёрдое_ракетное_топливо.html;
23. Похил П.Ф., Беляев А.Ф., Фролов Ю.В. и др. Горение порошкообразных металлов в активных средах. – М.: Наука, 1972. – 294 с;
24. А.Хүү-Ухна. Зэвсэглэлийн түүх ,орчин үе, хэтийн төлөв. УБ., Битпресс. 2015 он. - х336, ISBN 978-99962-4-914-36;
25. К.Э.Циолковский. Вне Земли. Переиздано.,М.,Северо-запад 2013.,ISBN 978-5-4224-0751-4;
26. А.Хүү-Ухна. Дарь, тэсрэх бодисын шинж чанар, үйлдвэрлэл, хэрэглээ.УБ., 2011.,х196.ISBN 978-9962-50-23-1;
27. Б.Чадраабал. Дарины үйлдвэрлэл. УБ.Соёмбо принтинг, 2014., х205. ISBN 978-99962-2-704-2;
28. Kondrikov B.N., Annikov V.E., De Luca L.T. Combustion of Ammonium Nitrate Compositions // Proc. of the 29th Intern. Annual Conf. of ICT. – Karlsruhe, FRG, 1998;
29. De Luca L.T., Galfetti L., Severini F. et al. Ballistic Properties of Solid Rocket Propellants Based on DualOxidizer (Ammonium Perchlorate and Ammonium Nitrate) Mixtures // Progress in Combustion and Detonation. – Moscow: TORUS PRESS Ltd, 2004. – P. 151–152;
30. Шапиро.Я.М, Мизинг Г.Ю. Теория ракетного двигателя на твердом топливе. М.,Воениздат, 1966, с 256;
31. Соркин Р. Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных системах на твердом топливе. — М.: Наука, 1983;
32. Новожилов Б. В. Нестационарное горение твердых ракетных топлив. — М.: Наука, 1973;
33. Соркин Р.Е. Газотермодинамика ракетных двигателей на твердом топливе. – М.: Наука, 1967. – 368 с.
34. Вилюнов В. Н. Теория зажигания конденсированных веществ. — Новосибирск: Наука, 1984.
35. Хүү-Ухна.А Пиротехник судлал. Боть 1. УБ.Сэлэнгэ пресс 2021. т.140,.ISBN 978-9919-24-762-1.
36. Егорычев В.С. Теория расчет и проектирование ракетных двигателей. Самара.,2011, с 36-40;
37. Хүү-Ухна.А. Цэргийн зэвсгийн галт хэрэглэл. УБ., Соёмбо принтинг.,2013., 30-32 т, ISBN 978-99962-2-493-5.
38. Arkhipov V.A., Vorozhtsov A.B., Korotkikh A.G. et al. Productions of UltraFine Powders and their Use in High Energetic Compositions // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. – 2003. – V. 28. – № 5. – P. 319–333;
39. Arkhipov V.A., Vorozhtsov A.B., Korotkikh A.G. et al. Productions of UltraFine Powders and their Use in High Energetic Compositions // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. – 2003. – V. 28. – № 5. – P. 319–333;
40. Патент США 3984265, МПК С 06 D 5/06, опубл. 05.10.76 (прототип)
41. Смирнов Л.А. «Оборудование для производства порохов по шнековой технологии и зарядов из них». М.: МГАХТ, 1997, стр.41-74.
42. D. C. Sayles, RUBBER CHEM. TECHNOL. 39, 112 (1996).
43. R. S. Fry, J. Prop. Power 20, 27 (2004).
44. L. Galfetti, M. Boiocchi, C. Paravan, E. Toson, A. Sossi, F. Maggi, G. Colombo, and L. T. DeLuca, “Hybrid Combustion Studies on Regression Rate Enhancement and Transient Ballistic Response,” in Chemical Rocket Propulsion: A Comprehensive Survey of Energetic Materials, L. T. DeLuca, T. Shimada, V. P. Sinditskii, and M. Calabro, Eds., Springer, New York, 2017.

45. J. Trevithick, "Russia Releases Videos Offering an Unprecedented Look at Its Six New Super Weapons," July 19, 2018, www.thedrive.com/the-war-zone/22270/russia-releases-videos-offering-an-unprecedented-look-at-its-six-new-superweapons.
46. C. E. Carr, A. Neri, and R. E. Black, *Aerospace Am.* 54, 59 (2016).
47. A. Davis, *Comb. Flame* 7, 359 (1963).
48. C. Oommen and S. R. Jain, *J. Haz. Matl.* A67, 253 (1999).
49. L. T. DeLuca, *Eurasian Chem. Technol. J.* 18, 181 (2016).
50. A. Rashkovskiy, Y. M. Milyokhin, and A. V. Fedorychev, "Combustion of Solid Propellants with Energetic Binders," in *Chemical Rocket Propulsion: A Comprehensive Survey of Energetic Materials*, L. T. DeLuca, T. Shimada, V. P. Sinditskii, and M. Calabro, Eds., Springer, New York, 2017.
51. H. G. Ang and S. Pisharath, *Energetic Polymers: Binders and Plasticizers for Enhancing Performance*, Wiley, New York, 2012.
52. F. S. Billig, "Tactical Missile Design Concepts," in *Tactical Missile Propulsion*, G. E. Jensen and D. W. Netzer, Eds., American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 1996.
53. G. E. Jensen and D. W. Netzer, "Tactical Missile Propulsion," *AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics*, Vol. 170, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 1996.
54. H. L. Girdhar and A. J. Arora, *Comb. Flame* 34, 303 (1979).
55. M. M. Rueda, M.-C. Auscher, R. Fulchiron, T. Peri ´ e, G. Martin, P. Sonntag, and P. Cassagnau, *Prog. Polym. Sci.* 66, 22 (2017).
56. L. E. Nielsen, *Polymer Rheology*, Marcel Dekker, New York, 1977.
57. B. Lieberthal and D. S. Stewart, *Comb. Theor. Model.* 20, 373 (2016).
58. S. Gallier and F. Hiernard, *J. Propul. Power* 24, 154 (2008).
59. G. Jung and S.-K. Youn, *Int. J. Sol. Struc.* 36, 3755 (1999).
60. E. Anderson, "Explosives," in *Tactical Missile Warheads: Progress in Astronautics and Aeronautics*, Vol. 155, J. Carleone, Ed., American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, DC, 1993.
61. J. E. Burchard, *Rockets, Guns, and Targets: Rockets, Target Information, Erosion Information, and Hypervelocity Guns Developed during World War II by the Office of Scientific Research and Development*, Atlantic Monthly Press, Boston, 1948.
62. R. Steinberger and P. D. Drechsel, "Manufacture of Cast Double-Base Propellant," in *Propellants Manufacture, Hazards and Testing*, in *Advances in Chemistry Series*, Vol. 88, C. Boyars and K. Klager, Eds., American Chemical Society, Washington, DC, 1967.
63. J. D. Hunley, "History of Solid Propellant Rocketry. What We Do and Do Not Know," presented at the 35th AIAA/SAE/ ASME Joint Propulsion Conference and Exhibit, Los Angeles, CA 1999.
64. F. J. Malina, "The U.S. Army Air Corps Jet Propulsion Research Project GALCIT Project no. 1,1939–1946: A Memoir," in *Proceedings of the Third Through the Sixth History Symposia of the International Academy of Astronautics*, Vienna, Austria, October 13, 1972, R. Cargill, Ed., NASA Science and Technical Information Office, 1977.
65. P. T. Carroll, "Historical Origins of the Sergeant Missile Powerplant," *Eighth History of Astronautics Symposium of the International Academy of Astronautics*, Amsterdam, 1974.
66. J. W. Parsons, U.S. Patent 2,783,138 (to Aerojet-General Corp.), February 26, 1957.
67. M. S. Cohen, "Advanced Binders for Solid Propellants—A Review," in *Advanced Propellant Chemistry*, *Adv. Chem. Ser.*, Vol. 54, R. F. Gould, Ed., American Chemical Society, Washington, DC, 1966.

68. R. Metzger, *Book of Lies: The Disinformation Guide to Magick and the Occult*, 2nd ed., Red Wheel/Weiser/Conari, Newburyport, MA, 2008.
69. E. Konrad and E. Tschunkur, U.S. Patent 1,973,000 (to I.G. Farben), September 11, 1934.
70. R. C. Wilson, T. Liggett, G. C. Cox, and J. E. Geist, "Continuous Process for Producing Pelletized Nitrocellulose," Technical Report for Naval Ordnance Systems Command (AD-764 515), National Technical Information Service, Springfield, VA, June 1973.
71. R. Carlisle, *Powder and Propellants: Energetic Materials at Indian Head, Maryland 1890-2001*, 2nd ed., University of North Texas Press, Denton, 2002.
72. H. G. Ang and S. Piharath, *Energetic Polymers*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2012.
73. E. J. Mastrolia and K. Klager, "Solid Propellants Based on Polybutadiene Binders," in *Propellants Manufacture, Hazards and Testing, Advances in Chemistry Series, Vol. 88*, C. Boyars and K. Klager, Eds., American Chemical Society, Washington, DC, 1967.
74. T. L. Moore, "Assessment of HTPB and PBAN Propellant Usage in the United States," presented at the AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, Seattle, WA, 1997.
75. M. B. Berenbaum, G. F. Bulbenko, R. H. Gobran, and R. F. Hoffman, U.S. Patent 3,235,589 (to Thiokol Chemical Corp.), February 15, 1966.
76. M. Gruntman, *Blazing the Trail: The Early History of Spacecraft and Rocketry*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 2004.
77. J. A. Verdol and P. W. Ryan, U.S. Patent 3,427,366 (to Sinclair Research, Inc.), February 11, 1969.
78. J. N. Anderson, S. K. Baczek, H. E. Adams, and L. E. Vescelius, *J. Appl. Polym. Sci.* 19, 2255 (1975).
79. A. E. Oberth and R. S. Bruenner, "Polyurethane-Based Propellants," in *Propellants Manufacture, Hazards and Testing, Advances in Chemistry Series, Vol. 88*, C. Boyars and K. Klager, Eds., American Chemical Society, Washington, DC, 1969.
80. V. Sekkar, A. S. Alex, V. Kumar, and G. G. Bandyopadhyay, *J. Macro. Sci. A Pure Appl. Chem.* 54, 171 (2017).
81. K. Klager, "Polyurethanes, the Most Versatile Binder for Solid Composite Propellants," presented at the AIAA/SAE/ASME 20th Joint Propulsion Conference, Cincinnati, OH, 1984.
82. Hazard assessment Tests for Non-Nuclear Munitions, MIL-STD-2105D, 2011.
83. P. Kuentzmann, *Introduction to Solid Rocket Propulsion*, RTO-EN-023 (2004).
84. M. D. McPherson, U.S. Patent Application Publication 2010/0294113 (to Aerojet Rocketdyne), November 25, 2010.
85. J. G. Osorio and F. J. Muzzio, *Powder Technol.* 278, 46 (2015).
86. J. Fuller, D. Ehrlich, P. Lu, R. Jansen, and J. Hoffman, "Advantages of Rapid Prototyping for Hybrid Rocket Motor Fuel Grain Fabrication," presented at the 47th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, San Diego, CA, 2011.
87. J. W. Baker and J. Gaunt, *J. Chem. Soc.* 9, 19 (1949).
88. R. Lopez, A. Ortega de la Rosa, A. Salazar, and J. Rodr ´ ıguez, *J. Prop. Power* 34, 75 (2018).
89. F. Xu, N. Aravas, and P. Sofronis, *J. Mech. Phys. Sol.* 56, 2050 (2008).
90. P. A. Kakavas and A. V. Perig, *Rev. Mat.* 20, 407 (2015).
91. G. Li, Y. Wang, A. Jiang, M. Yang, and J. F. Li, *Prop. Expl. Pyro.* 43, 642 (2018).
92. H. C. Yildirim and S. Ozupek, *Aerosp. Sci. Technol.* 15, 635 (2011).
93. R. S. Rivlin, *RUBBER CHEM. TECHNOL.* 65, 51 (1992).

94. C. M. Roland, *Viscoelastic Behavior of Rubbery Materials*, Oxford University Press, Oxford, UK, 2011.
95. V. Vahapoglu and S. Karadeniz, *RUBBER CHEM. TECHNOL.* 79, 489 (2006).
96. J. E. Mark and B. Erman, *Rubber Elasticity: A Molecular Primer*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
97. R. J. Farris, *Trans. Soc. Rheol.* 12, 281 (1968).
98. B. Jiang, *RUBBER CHEM. TECHNOL.* 90, 743 (2017).
99. T. Koga, T. Hashimoto, M. Takenaka, K. Aizawa, N. Amino, M. Nakamura, D. Yamaguchi, and S. Koizumi, *Macromolecules* 41, 453 (2008).
100. E. Guth, *J. Appl. Phys.* 16, 20 (1945).
101. A. I. Medalia, *RUBBER CHEM. TECHNOL.* 45, 1171 (1972).
102. B. A. Horri, P. Ranganathan, C. Selomulya, and H. Wang, *Chem. Eng. Sci.* 66, 2798 (2011).
103. J. S. Chong, E. B. Christiansen, and A. D. Baer, *J. Appl. Polym. Sci.* 15, 2007 (1971).
104. C. M. Roland, *RUBBER CHEM. TECHNOL.* 62, 863 (1989).
105. E. J. S. Duncan and J. Margetson, *Prop. Expl. Pyro.* 23, 94 (1998).
106. S. W. Park and R. A. Schapery, *Int. J. Solids Struct.* 34, 931 (1997).
107. G. H. Lindsey and J. E. Woods, *J. Eng. Mat. Technol.* 97, 271 (1975).
108. J. A. C. Harwood, L. Mullins, and A. R. Payne, *J. Appl. Polym. Sci.* 9, 3011 (1965).
109. Уитфилд. Конструирование металлических корпусов РДТТ. — Вопросы ракетной техники, 1969, Ль 3, с. 22— 17.
110. Чернов Ю.В. Расчет теплозащитного покрытия с внешним уносом массы. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 39 с.
111. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа. —М.: Мир, 1989. — 608 с.
112. Brown M.E. *Introduction to Thermal Analysis. Techniques and Applications* 2nd ed. — Kluwer, 2001. — 310 p.
113. У. Уэндландт, Термические методы анализа./ Пер. с англ. под редакцией В. А. Степанова и В. А. Берштейна - Издательство «Мир» , 1978. — 527 с.
114. <http://investmongolia.gov.mn>. Ашигт малтмалын нөөцөөрөө дэлхийд тэргүүлэгч. 2019 он
115. *Mongolian Mining Монголын уул уурхайн сэтгүүл №1* УБ.,2012., т 41.
116. Хүү-Ухна.А. Пиротехник судлал, боть 2 ..УБ.,: Сэлэнгэпресс., 2021.,223х, т142; ISBN 978-9919-24-762-1.

ҮБХИС Ийли ХХК-тай байгуулсан ажил

гүйцэтгэх тухай гэрээг дүгнэсэн АКТ

2022 оны 12 дугаар сарын 15

1. Ерөнхий заалт:

Гэрээний нэр	Тийрэлтэт сумны хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи боловсруулах сэдэвтэй улсын төслийг хэрэгжүүлэх
Гэрээний дугаар	2022 оны №02
Захиалагч байгууллага	Үндэсний батлан хамгаалахын их сургууль
Захиалагч байгууллагыг төлөөлөх эрх бүхий нэгж	Батлан хамгаалахын эрдэм шинжилгээний хүрээлэн
Гүйцэтгэгч байгууллага	Худалдаа үйлчилгээний Ийли ХХК
Гэрээ байгуулсан огноо	2022 оны 9 дүгээр сарын 13
Гэрээ дүгнэсэн огноо	2022 оны 12 дугаар сарын 15

2. Гэрээний биелэлт:

Гэрээний тусгай нөхцөл	Биелэлт
2.1. БХЭШХ-д гарган авсан хатуу түлшийг шинжлэж хэрэгцээнд тэнцэх эсэхийг тодорхойлох	10 ширхэг загварын пуужинг хөөргөж туршин хэрэгцээнд тэнцэнэ гэж үзэж тайланд тусгасан.
2.2. Түлшний бүтцийг өөрчлөж үзүүлэлтүүдийг тогтоож стандарт боловсруулах	Аммоны нитрат, хөнгөн цагаан, хүхэр бүтэцтэй түлшийг зохих хувь хэмжээгээр хэрэглэнэ.
2.3. Дарь, хатуу түлшинд дулааны дифференциал шинжилгээ хийж, термогравиметрийн аргаар шаталтын бүтээгдэхүүнийг шинжлэх	Дериватограф, зэс калориметр, металл бортого ашиглан баллистик үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж дулааны шинжилгээ хийсэн.
2.4. Хатуу түлшний тийрэлтэт хүчийг тодорхойлдог аргачлал боловсруулж практик дээр турших	Түлшний жин, секундын зарцуулалтаас хамаарах тооцоо хийж, аргачлалыг номонд оруулав.
2.5. Хөдөлмөр хамгааллын дүрэм, аюулгүй ажиллагааны заавар боловсруулж мөрдөх	Ажиллагсадыг хөдөлмөр хамгааллын хувцсаар хангаж дүрэм боловсруулан номонд тусгасан

Тайлбар: 1.Төслийн тайланд дэлгэрэнгүй тусгасан.

2. Гэрээний биелэлт 100% гэж 2 тал харилцан тохиролцов.

Гэрээг дүгнэсэн:

Захиалагчийг төлөөлж:

Гүйцэтгэгчийг төлөөлж:

БХЭШХ-ийн захирал, доктор,

Ийли ХХК-ы захирал

хурандаа

Б.Эрдэнэбат.

доктор

Б.Чадраабал.

ҮБХИС Монгол Улсын инженерийн цэргийн холбоотой байгуулсан

ажил гүйцэтгэх тухай гэрээг дүгнэсэн акт

2022 оны 12 дугаар сарын 20-ны өдөр

1). Гэрээний ерөнхий заалт:

Гэрээний нэр	Тийрэлтэт сумны хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи боловсруулах сэдэвтэй улсын төслийг хэрэгжүүлэх
Гэрээний дугаар	2022 оны № 01
Захиалагч байгууллага	Үндэсний батлан хамгаалахын их сургууль
Захиалагч байгууллагыг төлөөлөх эрх бүхий нэгж	Батлан хамгаалахын эрдэм шинжилгээний хүрээлэн
Гүйцэтгэгч байгууллага	Монгол Улсын инженерийн цэргийн холбоо
Гэрээ байгуулсан огноо	2022 оны 9 дүгээр сарын 14-ний өдөр
Гэрээ дүгнэсэн огноо	2022 оны 12 дугаар сарын 20-ны өдөр

2) .Гэрээний биелэлт:

Гэрээний тусгай нөхцөл	Биелэлт
2.1. 2022 оны 7 дугаар сарын 25-26-ны өдрүүдэд төслийн багийн гишүүдийн гарган авсан даринь болон хатуу түлшний чанар байдал, бүтэц, найрлага зохих стандартад нийцэж байгаа эсэхийг шалгах	Зарим туршилт хийлээ, хөөргөх цэнэгийн дарийг калийн нитрат, хатуу түлшийг аммоны нитрат дээр суурилсан бүтцээр хийсэн нь сүүлийн жилүүдэд олон улсад мөрдөж байгаа стандарт жишигт тохирч байна.
2.2. Монголын хөрсөнд ургадаг хужираас гарган авсан калийн нитратын бүтцийг шинжлэх	Фотоспектрометр ашиглан бодисын бүтцийг тодорхойлоход Монгол орны нөхцөлд гарган авсан калийн нитрат KNO_3 нь ОХУ-ын ГОСТ 4217-77 стандартад тохирч байна
2.3. Гарган авсан калийн нитратыг ашиглан тийрэлтэт сум болон загварын пуужингийн шидэх цэнэг хар дарийг үйлдвэрлэж турших	Хөөргөх болон удаашруулах үйлчилгээтэй цэнэг гарган авсаныг туршиж үзэхэд техникийн ба аюулгүйн байдалд тавигдах шаардлагыг бүрэн хангаж байна.
2.4. Шидэх буюу хөөргөх цэнэг, удаашруулагч үйлчилгээтэй хар дарин цэнэгийн бүтцийг тодорхойлох	Шидэх цэнэгэнд калийн нитрат- 75%, нүүрс -12%, хүхэр -10% , удаашруулагч цэнэгэнд нитрат- 78%, нүүрс-12%, хүхэр- 10% бүтэцтэй дарийг гарган авсан нь олон улсын жишигт нийцнэ

2.5. Ийли ХХК-тай хамтран хийсэн дарь, тийрэлтэт сумны хатуу түлшийг хээрийн судалгааны явцад турших	Бага хэмжээний пуужинг хөөргөж үзэхэд технологийн баримт бичгэнд тусгасан тактик техникийн үзүүлэлтээ хангаж байсан
2.6. Судалгааны үр дүнг сайжруулах зорилгоор төслийн багийн болон холбооны тэсрэх бодисын мэрэгжилтэй гишүүд, хувийн хэвшлийн байгууллагатай хамтрах бололцоог судлах	Монгол-Оросын хамтарсан уул уурхайн Монмаг ХХК-ийн тэсрэх бодисын үйлдвэрээс аммиакийн шүүний нитрат худалдан авч хүхэр, хөнгөн цагааны хольцтой тийрэлтэт сум, пуужингийн хатуу түлшийг ОХУ, АНУ –ын технологээр үйлдвэрлэж туршсан
2.7. Гарган авсан хатуу түлшний хими, физик шинж чанар, баллистик үзүүлэлтүүдийг тодорхойлон туршилт хийж дүгнэлт гаргах	Нитрат NH_4NO_3 - 75 гр, хөнгөн цагаан Al -20 гр, хүхэр S – 1 гр үлдсэн нь барьцалдуулагч бодис бүтэцтэй хатуу түлш бүрэн шатаж зохих татах хүчийг үүсгэж чадна гэж үзлээ
2.8. Хувийн импульс, татах хүчийг дахин тооцож хатуу түлшний бүтцийг өөрчлөн пуужинг харвахад гарах өөрчлөлтийг судлаж дүгнэлт гаргах	Пуужинг харвахад тооцоолсон өндөр даялалд хүрч холын тусгал нь шаардлага хангаж байна. Харин 500 метрээс дээш зайнд харвахад цоргоны их биеийн материалыг дулаанд тэсвэртэй болгох шаардлагатай нь харагдлаа
2.9. Судалгааны нэгдсэн дүн гаргаж хэлэлцүүлэг хийх, эрдэм шинжилгээний хурал зохион байгуулах	Эрдэм шинжилгээний хурлын төлөвлөгөө хийж их сургуулийн захирлаар батлуулж илтгэгч нарыг томилсон

Тайлбар: Гэрээний биелэлт 100 % гэж 2 тал үзэж харилцан тохиролцсон.

Гэрээг дүгнэсэн:

Захиалагчийг төлөөлж:

БХЭШХ-ийн захирал

доктор, профессор

хурандаа

Б.Эрдэнэбат.

Гүйцэтгэгчийг төлөөлж:

Инженерийн цэргийн холбооны

тэргүүн, чөлөөнд байгаа

хурандаа

Ё.Ариунболд.

ҮБХИС Монмаг ХХК-тай байгуулсан ажил

гүйцэтгэх тухай гэрээг дүгнэсэн акт

2022 оны 12 дугаар сарын 21-ний өдөр

1). Ерөнхий заалт:

Гэрээний нэр	Тийрэлтэт сумны хатуу түлш үйлдвэрлэх технологи боловсруулах сэдэвтэй улсын төслийг хэрэгжүүлэх
Захиалагч байгууллага	Үндэсний батлан хамгаалахын их сургууль
Захиалагч байгууллагыг төлөөлөх эрх бүхий нэгж	Батлан хамгаалахын эрдэм шинжилгээний хүрээлэн
Гүйцэтгэгч байгууллага	Уул уурхайн Монмаг ХХК
Гэрээ байгуулсан огноо	2022оны 10 дугаар сарын 24

2).Гэрээний биелэлт:

Гэрээний тусгай нөхцөл	Гэрээний биелэлт
2.1. Хатуу түлшний үндсэн түүхий эд, химийн урвалж бодис нийлүүлэх	Аммиакийн шүүний нитратыг худалдан авсан.
2.2. Төслийн багийн гишүүдтэй хамтран хатуу түлш үйлдвэрлэх	Багийн гишүүдийн боловсруулсан технологээр түлш гарган авсан.
2.3. Хатуу түлшний энергийн үзүүлэлтүүдийг өөрийн лабораторт шинжлэх	Түлшний цохилтыг мэдрэх чадвар, чийгшилийн хэмжээ, оч үүсэх температур татах хүчийг тодорхойлсон
2.4. Хээрийн судалгааны аргаар гарган авсан хатуу түлшийг шинжилж аюулгүй орчинд туршилт хийх	Бага оврын хөдөлгүүр зохион бүтээж ойрын зайд хөөргөж, аюулгүй туршилт амжилттай хийсэн.
2.5. Хатуу түлшний баллистик үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж стандарттай харьцуулж дүгнэх	600 метр өндөрт хөөргөж туршихад технологийн тооцооны үзүүлэлттэй тохирч байлаа.
2.6. Судалгааны үр дүнг шинжилж тайлан бичих	Төслийн үр дүнгийн шалгуур үзүүлэлтийн дагуу тайлан бичсэн.

Тайлбар: 1. Тоон үзүүлэлтүүдийг төслийн нэгдсэн тайланд тусгасан.

2. Гэрээний биелэлт 100 % гэж 2 тал харилцан тохиролцсон.

Гэрээг дүгнэсэн:

Захиалагчийг төлөөлж:
БХЭШХ-ийн захирал
техникийн ухааны доктор,
профессор, хурандаа
Б.Эрдэнэбат

Гүйцэтгэгчийг төлөөлж:
Монмаг ХХК-ы захирал
АҮ-ийн гавъяат ажилтан
төрийн соёрхолт, доктор
Ж.Жамъян

Хатуу түлшийг туршийг туршсан нотломж



Хатуу түлшийг турших төхөөрөмж





ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ХИМИ, ХИМИЙН ТЕХНОЛОГИЙН
ХҮРЭЭЛЭН

13330 Улаанбаатар хот, Баянзүрх дүүрэг,
Энхтайваны өргөн чөлөө, ШУА-ийн IV байр,
Утас/Факс: (976-11) 45 31 33, И-мэйл: info@icct.mas.ac.mn,
Вэбсайт: www.mas.ac.mn/icct

2022.01.19 № 2/13
танай _____-ны № _____-Т

БАТЛАН ХАМГААЛАХ ЭРДЭМ
ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ХҮРЭЭЛЭН-Д

Шинжилгээний хариу хүргүүлэх тухай

Танай байгууллагаас 2021.12.29-д ирүүлсэн хужирын дээжний шинжилгээний дүнг доорх хүснэгтээр хүргүүлж байна.

Рентген флюоресценцийн шинжилгээ		Химийн шинжилгээ	
MgO	2.44%	NaCl	2.84%
Al ₂ O ₃	8.12%	Na ₂ SO ₄	93.39%
SiO ₂	2.63%	MgSO ₄	0.41%
P	0.07%	CaSO ₄	0.47%
S	47.0%	Ca(HCO ₃) ₂	0.74%
Ca	0.37%	CaCO ₃	0.10%
Fe	0.19%		

ЭРДЭМТЭН НАРИЙН БИЧГИЙН ДАРГА, ДОКТОР Т.АЗЗАЯА



Аммиакийн шүүний хатуу түлш гарган авах технологийн карт

I. Оршил. Тийрэлтэт суманд тодорхой хурд, энерги, тийрэлтэт хүч үүсгэх зорилгоор аммоны нитрат эсвэл перхлоратыг хэрэглэнэ. Лабораторын нөхцөлд стандартын тодорхой шаардлагыг хангасан тохиолдолд гарган авна.

II. Үндсэн түүхий эд. Аммоны нитрат NH_4 , NO_3 , хөнгөн цагаан, хүхэр

III. Туслах материал., нэрмэл ус, дизелийн түлш, бензол

IV. Аммиак шүүний шинж чанар. Нягт 1.725 г/см^3 , цэнэгийн нягт 0.8 г/см^3 үед детонацийн хурд 2570 м/сек , задрах температур 210°C , тэсрэлтийн дулаан 700 ккал/кг , хайлах температур- 169.6°C , буцлах температур 235°C , молекул жин 80.04 г/моль , бүтцийн бодисын хэмжээ хүчилтөрөгч-60%, азот-35%, устөрөгч-5%, Хатуу түлшний хувийн импульс-230-265 кг с / кг болно.

V. Хэрэглэх багаж, тоног төхөөрөмж:

1. 20л –ийн 1 далавчтай холигч
2. Хушуувч
3. Шаазан түмпэн
4. Шаазан нүдүүр
5. Шаазан хутгуур
6. Кофе нунтаглагч (цахилгаан болон гар ажиллагаатай)
7. Гантиг чулуун хавтан
8. Нарийн нүхтэй шүүр
9. Шилэн хатаагуур
10. Ус буцалгагч

VI. Технологийн бүдүүвч

№	Технологийн процессын нэр	Хийх ажил	Багаж материал	Нөхцөл
1	Түүхий эдийг бэлтгэх	1. Аммиакийн шүүг 75 гр-ийг хэмжин сайтар нунтаглана. 2. Хөнгөн цагаан-20гр хүхэр 5г-ыг маш сайн нунтаглаж шаазан нүдүүрээр жижиглэн нарийн шүүрээр шүүнэ.	1. Шаазан уур 2. Нүдүүр 3. Хутгуур 4. Хэмжүүр 5. Хушуувч 6. Агааржуулагч	Хувь хэмжээгээр багасгаж болно. Бензол, дизелийн түлш хольж болно.
2	Бодисуудыг холих	1. Нунтагласан ширхэг, хэмжээг сайтар шалгаж хэмжээнээс илүү бол нунтаглана. 2. Хэрэв гараар сайн	1. Кофе нунтаглагч 2. Холигч 3. Шахуурга 4. Модон хутгуур	Тоос шиг нарийн ширхэгтэй болсон байх шаардлагатай агааржуулагч хэрэглэнэ.

		нунтаглагдахгүй бол шахуурга хэрэглэнэ. 3.Бүх бодисоо сайн хольж хутгах.		
3	Түүхий түлшний холимогийг цэнэг болгох	1.Сайн хольсон бодисоо усаар зайлах. 2.Маш сайн хутгаж уусмал болгох. 3.Дахин хутгаж нэгэн жигд бүтэцэй болгох.	1.Хувин 2.Сав 3.Ус	Хушуувч заавал хэрэглэнэ. Агааржуулагч-тай ерөөнд хийнэ. Хурц үнэр гарна.
4	Хатаах	Ил задгай тавиур дээр наранд тавьж хагас шингэн байдалд оруулна.	1.Хатаагч 2.Тавиур 3.Агааржуулагч 4.Хушуувч	Агааржуулагч-тай ерөөнд гүйцэтгэнэ.
5	Хагас шингэн байдалд оруулах	1.Хагас шингэн байдалд орсон үед авч сэгсэрнэ. 2.Нэгэн жигд бүтэцтэй болгох 3.Шахуурга ашиглан шахна.	1.Хувин 2.Хаалт 3.Агааржуулагч 4.Шахуурга 5.Бүлүүр	Шахахдаа бага багаар хийж, үе болгон шахна.
6	Түлшийг шалгах	1.Шатааж шалгана. 2.Цахилгаан асаагуураар асааж шатаана. 3.Алсын зайн удирдлагаар өдөөнө. 4.Дулааны хэмжээг шалгана	1. Дериваторф 2. Термогравиметр 3. Жинлүүр 4.Хүч хэмжигч 5. Калориметр	Монмаг ХХК-ийн болон хими, хими технолгийн хүрээлэнд шалгана

Боловсруулсан Төслийн удирдагч

А.Хүү-Ухна