



Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
Bolyai János Katonai Műszaki Kar
Repülő és Légvédelmi Intézet



Fedélzeti Rendszerek Tanszék

Repülőfedélzeti Fegyvertechnikai szakirány

REPÜLŐFEDÉLZETI HUZAGOLT FEGYVEREK FEJLŐDÉSE ÉS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

SZAKDOLGOZAT

Készítette:

KOVÁCS BALÁZS HALLGATÓ

Konzulens:

Szilvássy László okl. mk. alez.

SZOLNOK

2008.

ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR
Fedélzeti Rendszerek Tanszék

J ó v á h a g y o m !
Szolnok, 2007. május 31.

.....
tanszékvezető

SZAKDOLGOZATI FELADAT

Kovács Balázs

repülőfedélzeti fegyvertechnikai szakos

hallgató részére

1. Feladat:

Repülőfedélzeti huzagolt fegyverek fejlődése és fejlesztési lehetőségei

2. Elkészítendő:

- A repülőfedélzeti fegyverek kialakulása;
- A huzagolt fegyverek csoportosítása;
- A huzagolt fegyverek típusai, jellemzői, működése;
- A huzagolt fegyverek fejlesztésének irányai, lehetőségei.

3. A szakdolgozatot konzultálja: Szilvássy László okl. mk. alez.

4. Beadási határidő: 2008. április 30.

5. A kidolgozáshoz javasolt eszközök és irodalom:

- A repülőfedélzeti fegyverberendezések működésének és üzemeltetésének alapjai I. könyv (920/531 szabályzat)
- A légierő megsemmisítő eszközei (615/0621 Titkos szabályzat)
- Zsilák András mk. alez.: Repülőgép-fedélzeti fegyverek megsemmisítő eszközei, 598/479, KGyRMF, 1984,
- Idegen hadseregek katonai repülőerőiben rendszeresített főbb fedélzeti pusztítóeszközök (Id/16 szabályzat)
- A repülőfegyverzet üzemeltetésének elméleti alapjai IV. Repülőlészerek (Re/997)
- Gunston, B. Korszerű harci repülőgépek fegyverzete, Zrínyi Kiadó 1995

- Dr. (PhD) Farkas Tivadar Lőfegyverek rendszertana I-II. kötet, ZMNE BJKMFK, Budapest, 2000
- NR-30 fedélzeti géppuska műszaki leírása és üzemeltetési szakutasítása (Re/1155)
- A-12,7 géppuska műszaki leírása (Re/639)
- GS-23L repülőgép fedélzeti géppuska Műszaki leírás és üzemeltetési utasítás (Re/903)
- A témával foglalkozó szakdolgozatok, tanulmányok, doktori dolgozatok és Internetes oldalak.

6. A szakdolgozat elkészítésének ütemterve:

Ssz.	Feladat megnevezése	Határidő	Megjegyzés
		Aláírás	
1.	A megadott irodalom tanulmányozása, rendszerezése, egyéb források felkutatás	2007. 09. 30.	
2.	Önálló kutatás	2007. 10. 31.	
3.	A szakdolgozat vázlatának elkészítése	2007. 11. 30.	
4.	A szakdolgozat kéziratának elkészítése	2008. 02. 28.	
5.	Ábrák, fényképek fóliák, stb. elkészítése	2008. 03. 31.	
6.	A szakdolgozat bemutatása a konzulensnek	2008. 03. 31.	
7.	A szakdolgozat végleges formába öntése és bekötetése	2008. 04. 15.	
8.	A szakdolgozat leadása	2008. 04. 30.	

Szolnok, 2008. hó-n

.....
hallgató

Egyetértek!

.....
konzulens

7. A konzulens javaslata:

A szakdolgozat a formai és tartalmi követelményeknek

megfelel

nem felel meg

ezért elbírálását

javaslom

nem javaslom

Szolnok, 2008. hó-n

.....
konzulens

A szakdolgozat értékelés

8. Összefoglaló bírálat:

Javasolt osztályzat:

2008. hó-n

.....
bíráló

9. A záróvizsga bizottság döntése:

A szakdolgozatot eredményűnek minősítjük.

Szolnok, 2008. hó-n

.....
ZV bizottság elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	5
1. LŐFEGYVEREK KIALAKULÁSÁNAK FELTÉTELEI, TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS.....	7
1.1. ŐSKORI TÁRSADALMAK.....	7
1.2. A FEGYVEREK FEJLŐDÉSE A KÖZÉPKORI TÁRSADALMAKBAN.....	8
1.3. FEJLŐDÉS A KÖZÉPKORI TÁRSADALMAK UTÁN	9
2. A FEGYVEREK KIALAKULÁSÁNAK KEZDETI SZAKASZA	10
2.1. EGYLÖVETŰ KÉZI LŐFEGYVEREK FEJLŐDÉSE.....	10
2.2. A LŐPOR FELFEDEZÉSE ÉS ELSŐ ALKALMAZÁSA.....	10
2.3. EURÓPAI FEJLESZTÉSEK A KÖZÉPKORBAN.....	12
2.4. A HUZAGOLT CSÖVŰ FEGYVEREK MEGJELENÉSE	16
2.5. FEJLESZTÉSEK A KÖZÉPKOR VÉGÉN	18
3. A REPÜLŐGÉPEKEN ALKALMAZOTT LŐFEGYVEREK	24
3.1. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI FEGYVEREK KORAI SZAKASZA.....	24
3.2. FEDÉLZETI FEGYVERFEJLESZTÉSEK A II. VILÁGHÁBORÚ SORÁN.....	28
3.3. FEDÉLZETI-FEGYVEREKSEL SZEMBEN TÁMASZTOTT SPECIÁLIS KÖVETELMÉNYEK	29
3.3.1. TÚZGYORSASÁG.....	29
3.3.2. A LÖVEDÉK KEZDŐ-SEBESSÉGE.....	30
3.3.3. ÜZEMBIZTOS MŰKÖDÉS.....	31
3.3.4. AUTOMATIZÁLTSÁG ÉS TÁVVEZÉRLÉS	32
3.3.5. TÖMEG ÉS MÉRET	32
3.3.6. MŰSZAKI KISZOLGÁLÁS	33
4. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI HUZAGOLT FEGYVEREK FELOSZTÁSA.....	34
4.1. A LŐFEGYVEREK FELOSZTÁSA AUTOMATIZÁLTSÁGUK ALAPJÁN	34
4.2. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI AUTOMATA FEGYVEREK FELOSZTÁSA.....	35
4.3. GYAKRAN ALKALMAZOTT REPÜLŐFEDÉLZETI-LŐFEGYVEREK.....	38
4.3.1. EGYCSÖVŰ-EGYTÖLTÉNYŰRŰ LŐFEGYVEREK.....	38
4.3.2. RÖVID-CSŐHÁTRASIKLÁSÚ LŐFEGYVEREK.....	39

4.3.3. GÁZELVEZETÉSES-GÁZDUGATTYÚS LŐFEGYVEREK	40
4.3.4. IKERCSÖVŰ GÉPÁGYÚK	41
4.3.5. EGYCSÖVŰ-TÖBBTÖLTÉNYŰRŰ LŐFEGYVEREK	42
4.3.6. TÖBBCSÖVŰ-TÖBBTÖLTÉNYŰRŰ LŐFEGYVEREK.....	44
5. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI HUZAGOLT CSÖVŰ LŐFEGYVEREK SZERKEZETI EGYSÉGEI	47
5.1. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI FEGYVEREK FŐ SZERKEZETI EGYSÉGEI.....	47
5.1.1. A FEGYVERCSŐ.....	47
5.1.2. ZÁRSZERKEZETEK	50
5.1.3. ADOGATÓSZERKEZETEK.....	51
5.1.4. ELSÜTŐ- ÉS ÜTŐSZERKEZETEK.....	52
5.2. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI LŐFEGYVEREK KISEGÍTŐ SZERKEZETI EGYSÉGEI.....	53
5.2.1. ISMÉTLŐSZERKEZETEK	53
5.2.2. GYORSÍTÓ ÉS LASSÍTÓ SZERKEZETEK	54
5.2.3. ENERGIATÁROLÓK ÉS FÉKEK	54
6. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI HUZAGOLT FEGYVEREK FEJLESZTHETŐSÉGE.....	56
6.1. TÖBBCSÖVŰ-SOKTÖLTÉNYŰRŰ LŐFEGYVEREK	56
6.2. TÖBBCSÖVŰ-HÜVELYTÖLTÉNYŰRŰ LŐFEGYVEREK.....	57
6.3. TÖBBCSÖVŰ-HÜVELY NÉLKÜLI LŐFEGYVEREK	57
IRODALOMJEGYZÉK.....	59

1. LŐFEGYVEREK KIALAKULÁSÁNAK FELTÉTELEI, TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS

A fegyver az emberi társadalom egyik legrégebbi eszköze. Az ősközösségekben az ember táplálékának megszerzését és létfenntartását célozta. Mindaddig ez volt a feladata, amíg az osztálytársadalmak ki nem alakultak.

1.1. Őskori társadalmak

Az ember alapösztönéből fakad a táplálékszerzés.

Ez két terület felé irányult a növényi táplálék és az állati táplálék. Az első megszerzése a gyűjtögető életmóddal biztosítva volt, de a második pontban említett megszerzése már problémát okozott elődeinknek, mivel csak harc árán tudta elejteni a vadat. Ezért eszközt szerkesztett magának, hogy elérje célját. ¹Elsőként kövek összezúzásával nyert kezdetleges kőeszközöket. Később a kövek összezúzását finomítva alakította ki a „szakócat”. Fontos fegyvere volt még az egyszerű fából készült „bunkó”. Ezt a „bunkót” kötötte össze a pattintott kővel, ezzel létrehozva a „kőbaltát”.

Ezt az eszközt csak a közelharcban tudta használni az ősember és nem mindig tudott sikeresen védekezni a vadállatokkal szemben. Ekkor vált szükségessé az olyan fegyverek készítése, amelyek nagyobb távolságról ugyan, de közel azonos eredménnyel használhatóak. A kőbalta meghosszabbított nyeléből és kihegyezéséből lett a „dárda”, amely a későbbi hadviselés fontos eszköze lett.

Ugyanekkor felismerte az ősember az elhajított kő, mozgási képességében rejlő energiát és elkezdte azt felhasználni. Elsőként csak saját kezét és karját használta a kő elhajítására. Később viszont felhasználta más eszközök segítségét, így alakult ki az „ősparitty”, amely egy meghajlított ág rugalmas energiáját felhasználva „lőtte ki” a megmunkált követ. A lőfegyverek fejlődéstörténete valahol itt kezdődött.

¹ Josef Wolf, Zdenek Burian: Az őskori ember

Már az ősközösségi társadalomban is felismerték, hogy egy rugalmas ágban milyen energia rejlik. Ezután elérkeztek az íj és a nyíl feltalálásához. Az íj egy meghajlított ágból, az ág két vége közé kifeszített állatbélből, a nyíl pedig először kihegyezett kisebb gallyakból, majd később a dárda „kicsinyített másából” állt. A későbbi korok jelentősen továbbfejlesztették, így válhatott lőfegyverek megjelenéséig az egyik legfélelmetesebb fegyverré. [2]

1.2. A fegyverek fejlődése a középkori társadalmakban

A rabszolgatartó társadalmak korában, a vágó és szűrő fegyverek kialakulása és fejlődése volt a jellemző irány. A feudalista társadalom idején indultak nagyobb fejlődésnek a lőfegyverek.

Kialakult az állam és a különböző osztályok (nemesek, szolgák). Szükségessé vált az uralkodó osztály külső és belső politikai nézeteinek biztosítása, amelyet a legegyszerűbben a saját erőszakszervükkel, a katonasággal értek el.

Jellemzővé váltak a hódító háborúk és a kalandozások, melyek területszerzésre és vagyonnövelésre szolgáltak. A háborúk mindig is magukkal vonták a fegyverek és a technikai eszközök fejlődését és ez most sem történt máshogy. Ezzel a fejlődéssel párhuzamosan, a tudományos területen is megindult a fejlődés (matematika, geometria, kémia stb.). Ezek a tudományok később meghatározó segítői lesznek a lőfegyverek fejlesztésének.

A lőpor felfedezésének idejét nem tudjuk pontosan meghatározni. Egyes kutatók szerint a lőport a kínaiak használták először. Ők színes tűzijátékaikban gyönyörködtek, harci alkalmazásban pedig csak a gyújtóbombák terjedtek el. Összetételét titokban tartották, még a szomszédos államok sem tudták átvenni. Európába nagy valószínűséggel a tatárok hozták be hódító háborújuk során, ahol némely kutatók szerint a lőport a tatár lovasság és tüzérség már használta.

Sokan felismerték a lőpor erejében rejlő lehetőségeket, és elkezdtek keresni a harci alkalmazhatóságát, így jutott el az ember a tűzfegyverek kifejlesztéséhez. [2]

1.3. Fejlődés a középkori társadalmak után

A tudomány nagyléptékű fejlődése megteremtette az ipari forradalmak alapját, ezzel együtt a kapitalista társadalmak kialakulásának feltételét. Megjelent a tőke és az első monopóliumok, melyeknek szükségük volt a piacra a további tőkeszerzési lehetőségekre. A piacszerzést sokszor erővel tették, mert ezek a törekvések nem jártak ellenállás nélkül. Megindultak a gyarmatosító háborúk.

A kézi lőfegyverek további fejlődését e háborúk alapozták meg. A gépipar és a kapcsolódó tudományok tökéletesedése a fegyverek igen gyors fejlődését eredményezte. A tervezést és a szerkesztést nem egy fegyverkovács végezte, mint régebben, hanem egy jól képzett konstruktőr csoport, mely a kornak megfelelő fejlettségi szinten állt. A fémmegmunkálás technikája pontosabb és olcsóbb lett. Megjelentek az ismétlő és sorozatlövő fegyverek.

Később a haditermelés és a fejlesztés fokozódásával nagy energiákat és összegeket kötött le a fegyverkezés. Az Európában létrejövő külső és belső feszültségek az I. Világháborúhoz vezettek, ami lehetőséget adott a modern, technikailag felszerelt hadseregek első, legnagyobb összeütközésére. Alkalmazásra kerültek azok a nagyhatóerejű eszközök, amelyeket a haditechnikában eddig még nem vetettek be (pl. nagy-hatótávolságú ágyú). A tömeghadviselésnek nem feleltek meg az eddigi ismétlőfegyverek. Szükségessé váltak a további kutatások, amelyek más, nagyobb tűzgyorsaságú fegyverek kialakítására törekedek. Kialakultak a sorozatlövő, félautomata és automata fegyverek. További fejlesztésükként pedig a géppuskák, golyószórók és a géppisztolyok.

Az I. és II. Világháború között, a nagy világválságok idején Európa és Amerika más és más eszközökkel próbálta átvészelní a nehéz időszakot. Amerikában az infrastruktúrát építették, de nem dobták sutba a fegyverfejlesztéseket sem. Európában felbukkant a fasizmus, ami az egyre növekvő feszültségek mellett együttesen vezettek a II. Világháború kirobbanásához. A lőfegyverek fejlődésében nagy szerepük volt a világháborúknak, hiszen a fejlesztés gyors üteme itt teljesedett ki, és ért el nagyon magas fokot. [2]

2. A FEGYVEREK KIALAKULÁSÁNAK KEZDETI SZAKASZA

2.1. Egylövetű kézi lőfegyverek fejlődése

Az első lőfegyvernek az íjat és a nyilat tekinthetjük, mely nagyon hosszú időn át, egészen a kézi tűzfegyverek tömeges elterjedéséig, meghatározó fegyver volt. Egyes történészek az íj létezésének időtartama és áldozatainak száma alapján az egyik legpusztítóbb fegyvernek tartják.

Már az őskorban is használta az ember, és a későbbi korok sem vetették el használatát. Lőtávolsága elérhette akár a 300-400 métert (400-500 lépés) is. A fejlődésben a következő lépcsőfok a visszacsapó- vagy reflexíj volt, melyet a magyar történelemből is ismerhetünk. Tűzgyorsasága elérhette a percenkénti hat nyilat is. Ellentétben ezzel az íjtípussal megjelentek az úgynevezett "számszeríj"-ak, melyek használata mellett szólt, hogy csekély kiképzés után is képes volt a katona pontos lövés leadására.



1. ábra Számszeríj [6]

Ezek erősebb rugózáttal rendelkeztek és a válltámaszos tusa szerkezet kialakulása után még tovább pontosodott a velük való lövészet. Nagy előnye volt még, hogy egy szögletes fejú, rövid vas nyílvevesszővel alkalmazva az egyszerű paraszt is képes volt kilőni egy lovagot a nyeregből akár már 100 méterről is. [2][3]

2.2. A lőpor felfedezése és első alkalmazása

A lőpor felfedezését nem lehet pontos dátumhoz kötni. Az bizonyos, hogy a kínaiak találták fel Kr. u. 850 körül, és kezdték el alkalmazni tűzijátékok hajtóanyagaként, valamint hadieszközökben. 1000 táján már egyszerű bombákat hajtottak egy trebuchet nevű szerkezettel, mely egy emelőkarral és súlyllyal működő hajtógép volt. Használtak még egyszerű bombákat is, melyeket izomerővel juttattak célba.

Próbálkoztak még lángszórók készítésével is, mely szerkezetileg igen egyszerű volt. Vettek egy bambusz rudat, belsejét kivájták és lőport töltek bele. Ebből az elképzelésből két további fejlődési ág vált ki. 1150 tájékán a lángszóró egyik használója felismerte a bambuszrúd hátrasiklásából származó erőt, és a fegyvert megfordítva és egy nyílra szerelve létrehozta az önmagát hajtó lövedéket, az első rakétát, amely a fejlődés egyik irányát adta. Később továbbfejlesztették, és kiegyensúlyozó nehezékekkel szerelték fel, a töltetet pedig üregesre alakították ki, hogy jobban égjen. A XIV. századra eljutottak a két külön meghajtólépcső alkalmazásáig.

A bambuszból készített lángszórók teherbírása igen csekély volt, mindamelllett még gyúlékonyak is voltak, ezért ezeket a csöveket lecserélték öntöttvas és bronzcsövekre. A cső szilárdságának növekedése megengedte a fejlesztőknek, hogy tovább dúsítsák a töltetet nitráttal, minek következtében a csőből kilövellő gázok áramlási sebessége nagymértékben megnőtt. A következő lépcsőfok a töltet elé helyezett „lövedékek” megjelenése volt, amely kezdetben cserépdarabokból és tömör fémből, később pedig nyílvesszőből állt. A csövet tökéletesítették és váza alakúra formálták. Az egyetlen probléma az volt, hogy a nyíl mellett a kilövéskor nagyon sok energia ment kárba a tömítetlenség miatt. A cső átmérőjével azonos gömbölyű lövedék megjelenése szintén Kínához köthető. Joseph Needham történész szerint ennek megjelenése nem korábbi, mint 1280.



2. ábra Kézi ágyú a Yuan-dinasztia korából, az 1200-as évek végéről [7]

Tőle származik az elmélet is, hogy Schwarz Bertold alakja nem létezett, csak kitalált személy. Nem a német szerzetes volt az, aki Európában újra felfedezte a lőport, hanem azt a tatárjárás alkalmával hozták be Keletről, és honosították meg. A tatárok voltak azok, akik Kínába betörve megszerezték a technológiát és alkalmazták is. Nem lehet tudni, hogy egy kínai technikus átállása, vagy egy elhagyatott fegyver birtokba vétele volt-e a technológia ilyen mértékű átadásának forrása. A fejlődés szempontjából azonban lényegtelen,

mert a nyugati kultúra felismerte a benne rejlő lehetőségeket és megpróbálta teljesen ki is aknázni azt.

A kínaiak nem fejlesztették tovább a lőfegyvert, melynek okaként a tudósok a konfuciánus mandarinokat teszik meg, akik szigorú erkölcsi kódexek szerint éltek és kormányoztak. Ők voltak azok, akik elfojtották ezt a fajta fellendülést, mondván a háború veszélyes betolakodó, és a fegyverek, amivel vívják őket szintén veszélyesek. A tisztségviselők jobbnak látták, ha békésebb politikát választanak az állam külső és belső ügyeinek intézésére. [2][3]

2.3. Európai fejlesztések a középkorban

1400 körül nyugaton a fejlesztések egy irányba haladtak, és a kínai vázát tökéletesítve létrehozták az első ágyúkat, amelyek már gömbölyű lövedékeket lőttek ki. A lövegnek nem volt többé váza alakja, áttértek a henger alakra, amelynek csőtorkolati sebessége már igen nagy volt. Fontos momentum még az úgynevezett lőpor granulátum létrehozása, amely 1420 körül datálható. Rájöttek, hogy ha a puskaport vízzel keverik és utána kiszárítják, egy nagyobb szemcsés lőport kapnak, amely jelentősen gyorsabban ég és nagyobb a hatóereje is. Az ágyúöntők létrehozták a bombardákat, amelyek vasból készült csövekből és az ezeket összefogó abroncsokból álltak. A bombardákat igen nehéz volt hordozni, és összeállításuk a csatamezőn történt. Mégis nagy jelentőséggel bírnak, mert ezek tették lehetővé a kőfallal körbevett várak megostromlását, és elfoglalását.



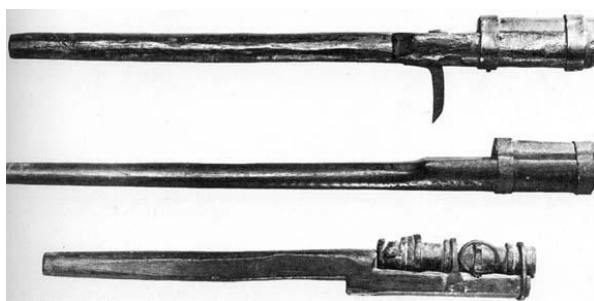
3. ábra Középkori bombardá [8]

Érdekes módon a következő lépcsőfokot a templomépítések és a hozzájuk párhuzamosan kapcsolódó harangöntések biztosították. 1465 után franciaországi, burgundiai és németalföldi feltalálók felismerték, hogy a gigantikus méretű bombardákat „lekicsinyítve”, és bronzból öntve el tudják érni azt az átütő képességet, mint amit nagyobb testvéreik kőgolyók kilövésével elértek.

Természetesen a lövedék már nem kőből, hanem a jóval nagyobb fajsúlyú, ugyanakkor kisebb átmérőjű vasból készült, amivel ugyanakkora kárt voltak képesek okozni, mint a bombardák. Előnyük volt a kis méret és ez által a jóval nagyobb mozgékonyosság. Az ágyúkat úgy alakították ki, hogy az égéstér körüli kritikus területet megvastagították, a cső torkolata felé közeledve pedig elvékonyították, ahol a nyomás már jelentős mértékben lecsökkent. A bronz ugyan drága volt, de nem rozsdásodott és többször is fel lehetett használni.

A kézi lőfegyverek viszont nehezen indultak fejlődésnek, szemben faldöntő társaikkal. Legkorábban 1400 előtt találtak lőporos kézi lőfegyvert, amiből mindössze három fennmaradt darabot ismerünk. Ezek valójában nem voltak többek, mint kis fémcsövek, amelyeket gyújtólyukkal sütöttek el. Volt, hogy a csöveket pikanyélre szerelték, ami talán az első puskatus volt.

A kézi lőfegyverek tömeges alkalmazására először 1430 körül került sor, amikor is a huszita háborúk zajlottak. Jan Zizka cseh hadvezér szerelte fel katonáit ilyen kézi ágyúkkal, melyek a német lovagok



4. ábra Az első európai kézi ágyúk, 1430 körül [9]

ellen készültek. Ebben az időben már jelen volt az a számszeríj, ami a páncélátütő képességet hordozta, de voltak már olyan fejlesztések az egyéni védelemben, amik ennek elhárítására irányultak. Ilyen védelmi felszerelés volt a láncingből és a lemezevértből álló kétrétegű páncélzat. Ezt a komplex és igen erős páncélzatot azonban ezek a kézi ágyúk sikeresen átütötték, és ezért is kerültek igen nagy számban alkalmazásra. Zizka seregében például, a háború végéhez közeledve a lőfegyverrel rendelkező katonák száma a teljes hadsereg egyharmadát tette ki.

A XV. század második felében végezték azokat a tökéletesítéseket a kézi ágyún, ami már mai szemmel is kézi lőfegyvernek tekinthető. Legelsőnek az egyszerű vastag falú csőből és a hozzá kapcsolódó fa nyélből álló, úgynevezett

szakállas puskák jelentek meg. A fa nyél szolgálta a tusa szerepét. Ezt a nyelet cserélték le a későbbiekben vasra, ezzel fokozva a stabilitást, ugyanakkor a fegyver tömege is megnövekedett. További fejlődésnek tekinthető a már fa-ágyba foglalt és pántokkal rögzített cső, azonban még ez is igen nehéz volt. A cső még nem volt huzagolt, ezért az ólomgolyó ide-oda verődve repült ki belőle. A találati pontossága nagyobb távolságoknál exponenciálisan csökkent, de képes volt ölni.

Azt, hogy miért a kisebb találati valószínűségű lőporos fegyvert választották, és nem a jóval pontosabb íjat, azt a hadtörténészek az emberre gyakorolt hatással, és a pusztító képességgel magyarázzák. Az íj csendes volt és pontos, de a testen bevitt találat nem mindig váltotta ki az azonnali halált. A puska pontatlan volt és hangos. A hangos zajok hatnak az emberi ösztönökre és az érzelmekre. Nem egyszer írják róla, hogy az harcos, aki először hallott lövést, legyen az puska vagy ágyú dörrenés, megriadt és futásnak eredt. Ehhez később hozzá szoktatták a katonákat, de a pusztító zaj továbbra is megőrizte hatáskeltő képességét. Nem utolsó sorban pedig, lövedéke roncsolta a testet és szinte azonnal harcképtelenné tette a katonát, ha nem ölte meg. A célzás jóval egyszerűbben megtanulható volt vele, mint az íjjal, és ez nagyon vonzóvá tette a hadvezéreknél. A töltés folyamata szintén lassú volt, de ugyanúgy könnyen tanulható.

Ezek a fegyverek még a legegyszerűbb lövés törvényszerűségén alapultak működésüket tekintve. A csövet függőleges helyzetben és előlről töltötték. Először a lőpor, majd a kanóc, utána a golyó és egy újabb fojtás következett. A kanóc szintén fojtásként szolgált. Ezután következhetett a lövés kiváltása, melyet ezeknél a fegyvereknél begyújtásnak nevezünk. Ezt a cső végén lévő gyúlyukon² keresztül végezték, melyhez egy izzó fadarabot, vagy égő kanócot raktak. Hatótávolságát 150-400 méterben (200-500 lépés) határozták meg.

² gyúlyuk: Nevét onnan kapta, hogy a fegyvercső hátsó végét megfúrták és a keletkezett lyukon keresztül gyújtották be a lőport.

A szakállas puska fejlesztéseként jelent meg 1521 környékén az úgynevezett kanócos muskéta. Először a spanyol hadseregben alkalmazták a még mindig igen súlyos fegyvert, melynek tömege elérte a 20 kg-ot. A célzás, és egyáltalán a lövés kiváltásának megkönnyítése céljából a puskát egy villás állványra helyezték. További változtatás volt még, hogy a gyúlyukat áthelyezték felülről oldalra és alá pedig serpenyőt helyeztek az úgynevezett „felporzó” lőpor számára. Az elsütés megkönnyítése céljából elkészítették az első elsütő berendezéseket, melyek kalapácsos szerkezetűek voltak, és rendelkeztek elsütő billentyűvel. Tovább fejlesztették még a tusa alakját, mely eredményeképpen a mai értelemben vett puskákhoz vált hasonlatossá.

Volt még egy probléma a töltési folyamatban, mely befolyásolta a lövés eredményét. Nehéz volt mindig kimérni a lőport a csata kellős közepén és nem is mindig sikerült. Ezért a lőporadagokat a golyóval és a fojtással együtt kis fatokokba rakták, és egy vállszíjra rögzítették, amelyen tíz ilyen tok volt. A folyamat lassú volt, de biztosította a megfelelő mennyiségű lőport.

A töltés lassúsága miatt nem beszélhetünk még percenkénti lövésszámról, és az időjárás mindig jelentősen befolyásolta a lövés sikerét.

Németországban a XVI. század elején virágzásnak indult az óragyártás, amely egy újabb ötletet adott a fegyverkészítő mestereknek. 1517-ben Johan Kiefuss aki egy nürnbergi puskamester volt, elkészítette az első óraművel működő elsütő szerkezetet. A puska felhúzását egy speciális felhúzó kulccsal kellett végrehajtani. A felhúzás során egy fogaskereket forgattak



el, amely egy erős acélrugóhoz volt kapcsolva. Addig kellett forgatni a kereket, amíg a rugó bele nem akadt az elsütő billentyűhöz kapcsolt csappantyúba. A puska elsütésekor a rugó felszabadult és megforgatta a kereket, amely szikrákat csiholt, ami begyújtotta a felporzó lőport és elindította a lövés fo-

5. ábra Kerekelsütő szerkezet egy angol pisztolyon (1500-as évek közepe) [10]

lyamatát. A kerekes szerkezet igen bonyolult volt, és ezáltal a hiba lehetősége is nagy lett. Megjelent az első biztosítás is, ami abból állt, hogy a kerekes tő szerkezet mellett meghagyták a hagyományos kanócos szerkezetet is, hogy a fegyver elsüthető legyen akkor is, ha a kerekes szerkezet nem működne.

A kerekes elsütő szerkezetű puska hihetetlenül drága volt, és nem tudta garantálni, hogy a lövés mindig bekövetkezik. Ennek okán nem is terjedt el igazán, és nem alkalmazták őket tömegesen. A fejlődési lépcsőfok több mint száz évet váratott magára.

1640-ben jelent meg egy újfajta gyújtó szerkezet, amelynél a szikrát nem a kerék forgó mozgása, hanem egy kovakőnek a felporzó csészébe csapódásán keltette. A kovakövet egy úgynevezett „kakas” ajkai közé szorították, amit hátra kellett húzni, hogy a fegyver elsüthető állapotba kerüljön. A kakast két kattanásig kellett hátrahúzni, mert az első kattanásnál még csak biztosított helyzetbe került, amikor is a lövés véletlen vagy szándékos kiváltása nem volt lehetséges. Ez a szerkezet sem volt tökéletes, de az elmaradt lövések száma kettőből egyről, háromból egyre csökkent, és ebben a korban már igazi eredménynek számított, ha mai szemmel nem is tekintünk úgy rá.

Megemlíthetjük még a fa alapú töltővessző lecserélését acélra, mely a lövészet eredményét semmiben nem befolyásolta, de jelentősen megkönnyítette a töltést, amely így még gyorsabbá és megbízhatóbbá vált. Ezt először II. Frigyes vezette be, mint ahogy a kúpos gyúlyukat is. Az ötlet nem volt forradalmi, de ez is gyorsított a töltés folyamatán, aminek hatására a tűzgyorsaság elérte a percenkénti 4-5 lövést. [2][3]

2.4. A huzagolt csövű fegyverek megjelenése

Ugyan a fegyver tűzgyorsasága növekedett, de a találati pontosság még mindig hagyott némi kívánnivalót maga után.

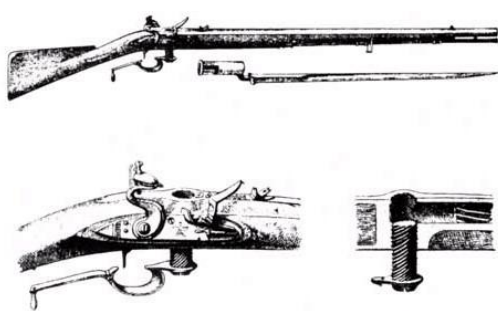
A probléma abban rejlett, hogy a fegyvert előlről töltötték, és a folyamat megkönnyítése céljából a golyó alakú lövedéket jóval kisebb űrméretűre készítették, nehogy megszoruljon, miközben a lövész belehelyezi a fegyver csö-

vébe. Az eredménye az lett, hogy a csőben kialakult nyomás ugyan kirepítette a golyót, de a tömítetlenség miatt a gázok jó része elszökött a lövedék mellett, és nem vett részt a munkavégzésben, ezáltal a lőtávolság csökkent. Másrészt a golyó nem kapott határozott vezetést, mivel a csőből úgy jutott a külvilágba, hogy a csőfalhoz ide-oda verődött, minek következtében az utolsó falhoz patanása határozta meg a végleges irányát. Ezáltal a szórásképe igen nagy lett, nagyobb távolságokon pedig hihetetlenül pontatlan volt.

Erre a problémára jelentett megoldást a huzagok készítése a csőben, amit már a XVI. században alkalmaztak, de csak a harmincéves háborúban terjedt el.

A huzagolás még nem csavart vonalú volt, hanem a csővel párhuzamos, és sokszor előfordult, hogy a töltés közben a golyó beleszorult a csőbe. A fegyvert ezután is el lehetett sütni, de jelentős mértékben csökkent a lőtávolság. További hatás volt még, hogy a lövedék forgó mozgást kapott, miáltal stabilizálódott a röppályája, és megnőtt a találati pontossága.

A huzagoknak nemcsak a formája volt változatos, hanem azoknak a száma is. Minden a fegyverkészítő mestertől függött, ezáltal változatosabbnál változatosabb fegyverek készültek. Nem alkalmaztak elméleti számításokat és nem készültek sorozatgyártással sem.



6. ábra Patrick Ferguson őrnagy hátultöltős, huzagolt puskájának korabeli vázlata [11]

A XVIII. században az elöltöltős fegyverek voltak túlsúlyban, de voltak próbálkozások a hátulról történő töltés kifejlesztésére is. Az első ilyen ismert próbálkozás Patrick Ferguson őrnagy nevéhez fűződik, aki az angol hadseregben szolgált. Az őrnagy a fegyver csőfarába készített egy furatot felülről, amit egy csavaros dugóval lehetett lezárni. Módosította a kenget, a fegyvercsőbe huzagokat vont, és állítható irányzékot szerelt fel rá. A fegyvert 1776-ban mutatták be, és kiváló eredményeket produkált. Ferguson 5 percen keresztül tüzelt egy 180 méterre felállított céltáblára, zuhogó eső-

ben. A fegyver egyszer sem sült be és percenkénti négy lövéses tűzgyorsaságot produkálva az őrnagy mindösszesen egyetlen egyszer vétette el a célt. A fegyverből mindösszesen 100 darabot készítettek, annak ellenére, hogy hatékonyságuk jóval nagyobb volt elöltöltős, huzagolatlan testvéreikkel szemben. Ferguson őrnagyot egy csatában találat érte és kivonták a háborúból. A helyére érkező új parancsnok nem látott fantáziát a fegyverben, ezért lezsírozták, beládázták őket, és többé nem is kerültek alkalmazásra. [3]

2.5. Fejlesztések a Középkor végén

A XVIII. század végén egy újabb lökést kapott a fegyverek fejlesztése. A kémiai ismeretek tágulásának köszönhetően sikerült egy újfajta vegyületet kifejleszteni, amely mechanikai erőhatásra robbant. 1818-ban fejlesztette ezt ki egy angol kémikus, és erre figyeltek fel a fegyverkészítő mesterek is. Kialakult a gyutacsos elsütő szerkezet, amellyel a puska lövésének kiváltása gyorsabb és biztonságosabb lett a kovásénál. Elterjedését mégis akadályozta, az a tény, hogy a nagy hadseregekben már túlságosan elterjedt volt a kovás puska, és ezek lecserélése túlságosan költségesnek látszott. Mégis fontos állomásnak tekinthetők, mivel működésük szinte kifogástalannak volt mondható. Míg a kovás puskáknál az el nem sült lövések száma 6,75% volt, addig ezt a csappantyús fegyvereknél sikerült leeredukálni 0,34%-ra. Ennek oka az volt, hogy a csappantyú elegy nem volt nedvszívó tulajdonságú, ezért érzéketlen volt az időjárásra.

1841-ben Johan Nicholas von Dreyse volt az, aki egy igen nagy újításával adta meg a következő lépést a fejlesztések terén. Olyan fegyvert készített, amely már hátultöltős volt, és papírhüvelyű lőszert alkalmazott. Nagy újításnak számított, hogy a hüvely és a lövedék állandó jelleggel egyesítve volt. A lőszer elején helyezkedett el a lövedék, közvetlenül mögötte a csappantyú, majd a sort a lőpor zárta. Lövéskor egy hosszú, úgynevezett gyútú³ hatolt be a papírhüvelybe, majd áthaladt a lőportölteten, és elérte a csappantyút, ami utána beindította a folyamatot.

³ gyútú: Az úgynevezett Dreyse-féle puskák elsütő szerkezetének része. Tulajdonképpen egy hosszú fémből készült tű, ami a lőportölteten áthaladva gyújtotta be a gyutacsot

Észak-Amerikában is próbálkoztak az egyesített lőszerrel, és 1850 körül Rolin White bemutatott egy olyan lőszert, amelynek hüvelye rézből volt. A lövedék alakja kúpszerű volt, és a csappantyút a végében helyezte el, ezzel végleg kialakítva a ma is használatos lőszer felépítését. Fontos volt még, hogy a rézből készült hüvely légzáró módon feszült a csőfarhoz, így tökéletesen szigetelt, termodinamikai szempontból pedig hatékonyabb lett.

A fegyverek történetében a változást az 1860 körül megjelenő hátultöltős fegyverek jelentették. Ugyan régebben már volt példa ilyen fegyverek készítésére (Ferguson, 1776) de nagy számban csak ezután kezdtek elterjedni. A hátulról való töltés magával vonta a fegyverek zárszerkezeteinek tökéletesítését, és kialakultak az elsütő szerkezetek, mint önálló egységek. A töltővessző, amit az elöltöltőseknél alkalmaztak, jelentőségét veszítette, mégis megmaradt a fegyver mellett, mint a tisztítás eszköze, így alakult ki a ma is használatos tisztítóvessző.

Az egyesített töltény kialakulásának hatása az lett, hogy a lőfegyverek alkalmazását majdnem teljesen függetleníteni tudták az időjárástól, és megkönnyítették a katonák lőszerellátását. Hatásukra alakulhattak ki először az ismétlő, majd később az automata lőfegyverek, melyek tervezése már az 1860-as években terítéken volt. Az egylövetű fegyverek nagy hátránya volt, hogy minden egyes lőszert külön kellett behelyezni a csőbe, ezáltal a töltés még mindig lassú, a fegyver tűzgyorsasága pedig csak maximum 5-6 lövés volt percenként. Ezért a tervezők figyelme afelé irányult, hogy hogyan lehetne több lőszert elhelyezni a fegyverben, és ezeket hogyan lehetne külön, kézzel való töltés nélkül elsütni.

1852-ben Észak-Amerikában két hartfordi fegyverműves nagy lépésre szánta el magát, mikor megalapították a Volcanic Repeating Arms Company-t, és célul tűzték ki egy hátultöltős, többlövetű kézi lőfegyver megvalósítását. A két úriembert Horace Smithnek és Daniel Wessonnak hívták (Smith & Wesson). Az általuk létrehozott fegyver rugós előágytárral és az adogatást végző mozgatható sátorvassal rendelkezett. Ezt fejlesztette tovább Benjamin

Tyler Henry, aki ugyanezt az előágytárat használta, csak nagyobb fegyverben, amibe tizenhat lőszer fért el, és a tűzgyorsasága ezáltal elérte a harminc lövést percenként. Christopher Spencer viszont nem az előágytárba rakta löszereket, a cső alá, hanem kialakított egy héttöltényes fémcsövet, amit ezután ismétlőpuskája tusától a csőfarig tartó üregbe csúsztatott. A hét löszert mindössze tizenkét másodperc alatt ürítette ki, és ugyanennyi idő kellett az újratöltéshez is.



7. ábra Spencer-féle ismétlő puska, tusába ágyazott lőszeradogatóval [12]

Az ismétlőfegyverek időszakában került bemutatásra talán a legelső géppuska is, amelyet Richard Jordan Gatling készített el. A fegyver 200 fémhüvelyes peremgyújtású löszert volt képes kilőni magából percenként, átütőereje pedig megegyezett a Springfield muskétáéval. 1870-ben rendszeresítették az Egyesült Államokban és külföldre is nagy számban szállítottak belőle.

Európában csak tíz évvel később került sor a fegyverek további fejlődésére. A poroszok fejlesztése volt a Dreyse-puska, aminek gyújtás elsütő szerkezete volt. Ezt fejlesztették tovább a franciák, akik megmaradtak a papírhüvelyes, de fenék-csappantyús löszernél. A gyújtó rövidebb és masszívabb volt, de az igazi különbség a lőportöltetben és a lövedékben volt. Mindkettőt „túlméretezték” egy kicsit, miáltal a röppályája laposabb lett, és a lőtávolsága is megnőtt a Dreyse-puskához képest. A fegyvert 1866-ban rendszeresítették, és négy évvel később már megtörtént az átfegyverzés is, az új úgynevezett Chassepot-puskára.

A britek is a fejlődés útjára léptek, és a rendelkezésükre álló amerikai eredetű gyártási technológiát, és az amerikai állampolgárságú Jacob Snider oldalra nyíló tömbzár konstrukcióját felhasználva elkezdtek az 577-es kaliberű⁴ huzagolt csövű Enfield elöltöltős puskájukat átalakítani hátultöltősre. A hozzá való lőszer teljesen fém hüvelyből készítették, ami durva megoldásnak számított, de tökéletesen elzárta a hátrafelé szökő gázok útját, ami a sem a Dreyse-, sem a Chassepot-puskáról nem volt elmondható. Ez egy igen jó kiinduló pont volt, de nem álltak meg a fejlődésben, és 1869-ben már rendszeresítették a Martini-Henry alsókulcsos puskát, amely már egy igen gyors ismétlőfegyver volt. A lőszeren csak annyit változtattak, hogy a hüvelyt egyetlen darab rézből készítették. Az igazi fejlődést azonban James Paris Lee érte el egy olyan forgó dugattyús zárszerkezettel, amelyhez elől a tok alatt egy öt töltény befogadására alkalmas doboz csatlakozott, amelyben egy erős rugó tolt fel a lőszeret a fegyverbe.

A poroszok is felismerték a Dreyse-puska elavultságát, és 1871-ben rendszeresítették a Peter Paul Mauser tervezte henger záras lőfegyverét, melynek szerkezete tartalmazta a „nyitáskori felhúzás” megoldását, vagyis a zár mozgató fogantyújának felemelkedésekor az ütőszeg visszahúzódott, ezzel véglegesen kiküszöbölve a véletlen elsütés lehetőségét záraskor. Ezek után már csak egy lépés volt, hogy megalkossák az ismétlő puskájukat. Először amerikai mintára a Mauser puskájukhoz hozzáépítettek egy előágytárat, de ez a gyakorlatban nem bizonyult biztonságosnak, mert az egymás után rakott lőszer egy nagyobb zökkenőnél az előttük lévő farának ütközve begyűjtették annak gyutacsát. Ennek kiküszöbölésére vették át Angliából a forgó dugattyús zárral együtt a doboztárat, amit 1885-ben Ferdinand Ritter von Mannlicher azonnal továbbfejlesztett. A lényege az volt, hogy míg az angol puska tárjába egyesével kellett betenni a lőszeret, addig ő készített egy öt töltény befogadására alkalmas fém tölténytartót, amit egy mozdulattal be-

⁴ kaliber: az a szám, amely azt mutatja meg, hogy a (sima) cső belső átmérőjével egyenlő átmérőjű ólomgolyóból hány darab tesz ki egy angol fontot (0,4536 kg) [5]

tölthettek a tárba. Az utolsó lőszer kilövését követően a keret a tár alján kiesett, hogy helyet adjon a következő ötösnek.

A franciák sem álltak meg a fejlődésben és a poroszokkal folytatott háborújuk után rendszeresítették a sokkal hatékonyabb, és már fém hüvelyes löszert tüzelő Gras puskát. Ennek a megerősített változata volt az úgynevezett Lebel puska, amely már előágytárral rendelkezett, de most sem ez volt az érdekessége. Ahogy a Chassepot-puskánál, itt is a lőszer volt az igazi áttörés. A franciák egy nagyon apró, 8 mm űrméretű, 12,8 grammos, acélköpenyes lövedéket használtak, ami 725 m/s-os kezdősebességgel indult, hála a maga nemében kicsi lövedéknek, és az újfajta lőpornak köszönhetően. A lőportöltet a franciák „Poudre B” típusú gyér füstű lőporából készült, amely alapanyaga az a nitrocellulóz, vagy más néven lőgyapot volt, amit eddig azért nem alkalmaztak a hadiiparban, mert túlságosan instabil szerkezetű volt. A franciák kiküszöbölték ezt, minek hatásaként az addig elterjedt fekete lőpor ideje lassan lejárt, húsz éven belül pedig végleg eltűnt.

1867-ben Franciaország rendszerbe állította titkos fegyverét, a Mitrailleur géppuskát, ami alapjában belga fejlesztés volt, de a franciák tovább fejlesztették. Megvették két Gatling géppuskát is, de csak összehasonlítás végett, mert a Mitrailleur egész más szerkezeti felépítésű volt. A fegyver huszonöt mereven beépített csőből állt, amit kézzel kellett tölteni a csőfarnál, egy huszonöt töltényt tartalmazó lemez segítségével, szemben a forgó csőköteges Gatling folyamatos adogatójával. Tűzgyorsasága nem érte el amerikai társáét (200 lövés percenként), ami 120 lövés volt percenként, de szerkezetileg jóval egyszerűbben épült föl. A fejlesztése körüli titoktartásnak köszönhetően rendkívül kevesen értettek a használatához, ezért halálra volt ítélve a fegyver.

Ugyan a Mitrailleur becsődölt, de a géppuskák fejlődése nem állt meg ezen a ponton. Észak-Amerikában többen is kísérleteztek, és értek el remek eredményeket. Ide tartoztak Gatling, Browning, Lewis és végül, de nem utolsósorban Maxim. Alapvetően vegyészettel és elektromossággal foglalkozott, de egy európai útja során találkozott egy amerikai zsidóval, aki azt mondta neki:

„Ha akar egy rakás pénzt keresni, találjon föl valamit, amivel ezek az európaiak könnyebben vághatják el egymás torkát!”. Két évvel később mutatta be a Maxim géppuskát, amely első volt abban, hogy sikeresen használta fel a hátrasiklás energiáját a töltés, az ürítés és a hüvelykivetés során. A fegyver teljesen automata volt. Az első lövés leadását követően egészen addig tüzelt ameddig az elsütő billentyűt lenyomva tartották, vagy el nem fogyott a lőszer. A töltényeket hevederbe rakták, és így kerültek be a puskába, ami utána 400 lövést volt képes leadni percenként. Gatlinggal szemben Maxim csak egy csövet alkalmazott, de azt körülvette egy bronzból készült vízzel telt hűtőköppennyel. De nem csak ez volt az előnye, hanem az is, hogy szemben a Gatlinggal, az előállítási költsége jóval alacsonyabb volt, sőt még a tömege is igen kedvező volt (27,2 kg). Mégsem sikerült elérnie a fegyvernek a várva várt átütést. Habár egyszerű volt, olcsó és viszonylag könnyű, mégsem indult el a tömeges felvásárlásuk. Igaz, hogy rengeteg ország vásárolt ilyen géppuskát, mindegyik csak korlátozott mennyiségben. [2][3]

3. A REPÜLŐGÉPEKEN ALKALMAZOTT LŐFEGYVEREK

3.1. A repülő-fedélzeti fegyverek korai szakasza

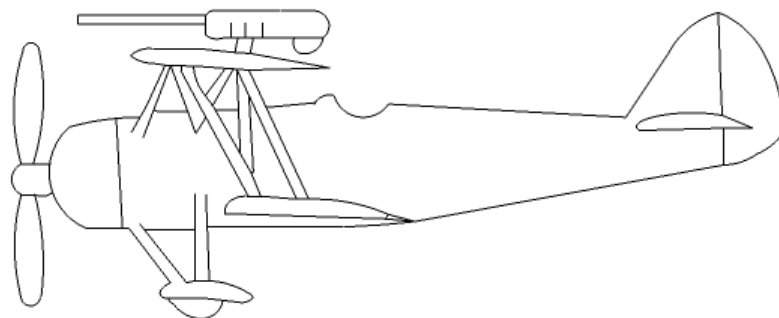
A technika fejlődésével az ember, már az 1700-as években képes volt a levegőbe emelkedni. A hadvezérek ismét hamar felfedezték a repülő eszközökben rejlő lehetőségeket, habár először még csak felderítésre használták őket. A legelső ilyen alkalmazásra 1794. június 26-án került sor, és egy Entreprenant-nak nevezett földhöz rögzített léggömb volt a felderítő eszköz neve. Nagyon sokáig megmaradt ez a funkciójuk, csak az eszközök tökéletesedtek. Azt meghatározni, hogy mikor történt meg az első bombavetés, illetve az első tüzelés a repülőgépből, elég nehéz meghatározni. Szakdolgozatomban nem térek ki a bombák alkalmazására, annál inkább a huzagolt fegyverek megjelenésére a repülőgépeken.

Egyes források szerint az első hivatalos próbálkozásokat 1910-11 folyamán az amerikai hadsereg fiatal tisztjei követték el. Jake Fickel főhadnagy egy igen egyszerű módszerrel próbálkozott meg, amikor is kétfedelű gépe alsó szárnyának belépő élére ült ki, és onnan tüzelt karabélyával a kijelölt földi célpontra. Őt követte 1912-ben Chandler százados, aki már Lewis típusú gépkarabélyával tüzelt repülőgépéből.

Nagyon sokáig a repülő-eszközök funkciója a felderítésre és a bombázásra korlátozódott. Nagy magasságokon azonban, a kezdetleges légvédelmi fegyverek nem voltak elég hatékonyak, ezért egy újfajta megoldás kezdett körvonalazódni a katonák fejében. Mi lenne, ha a bombázó és felderítő gépeket nem a földről, hanem közvetlenül a levegőből támadnák egy másik repülő egységgel, illetve az azon elhelyezett fedélzeti lőfegyverrel. Az ilyen típusú repülőgépeket „vadászoknak” nevezték el, amelyek már képesek voltak az ellenség elé, illetve után menni, és ártalmatlanná tenni azokat fegyvereik tüzeivel. Ahogy kialakultak a vadászok, szinte azonnal megjelentek a bombázókon is a fedélzeti fegyverek, amelyek önvédelmi célt szolgáltak.

Kezdetben számos pisztoly-, karabély- és puska-típussal tüzeltek a repülőgépekből 1914 és 1916 között. Kedveltek voltak a hosszú csövű és megbízható Luger és Mauser típusú pisztolyok, melyek űrmérete 9 mm volt, később azonban a pontosság érdekében puskákat kezdet alkalmazni. A brit Királyi Légierőnél a Martini és a Lee-Netford karabélyok, az SMLE puska és a 11,43 mm űrméretű Winchester terjedt el, melyeket nem csak hordozhatóan, hanem a repülőgépre erősítve vittek a levegőbe. 1915. július 25-én L. G. Hawker százados beírta magát a történelemkönyvekbe, mikor is három, géppuskával felszerelt német repülőgépet lőtt le egylövetű Martini karabélyával, amelyet átlósan szereltek fel Bristol Scout típusú repülőgépére, hogy a légcsavar ne legyen a lövés útjában.

Az idő múlásával ezeket a fegyvereket felváltotta a gyalogsági géppuska, melyeket mereven vagy mozgathatóan építettek be a repülőgépekbe. Elhelyezésük sokszor bizonyult problémásnak, főleg a vadászoknál, ugyanis ezek a gépek jórészt egyszemélyesek voltak, és nehéz volt megoldani azt, hogy a fegyver a légcsavar forgási körsíkján kívül tüzeljen, és könnyen kezelhető maradjon.



8. ábra I. Világháborús kétfedeles repülőgép vázlatja, aminek a géppuskája a légcsavar forgási síkján kívül tüzel [1] [Kovács Balázs – Google SketchUp]

Voltak olyan megoldások is, hogy a gépeket két személyesre tervezték és a másodpilóta látta el a lövész szerepét, azonban az ilyen megoldások jelentősen csökkentették a gép teljesítményét a többlet tömeg miatt, amit tovább fokozott a gyalogsági géppuska tömege is. A bombázókra is szereltek géppus-

kákat, amelyek mozgathatóak voltak, de még így is elég védtelennek számítottak a lassú manőverező képességük miatt, habár zárt kötelékeket alkotva jelentősen növelni tudták túlélési esélyeiket.

Azoknál a vadászoknál, melyek egyszemélyesek voltak és a légcsavar forgási síkján kívülre helyezték a géppuskát igen nehézkes volt a légi lövészet, mivel a pilótának először közel kellett kerülnie az ellenséges géphez, majd ezután kezdhette meg a tüzelést a fegyverrel, melynek kezelő szervei nem estek egybe a repülőgép vezérlési eszközeivel. Gyakorlatilag, ha tüzelt, úgymond el kellett „engednie” a repülőgépet, ahhoz hogy a célzással foglalkozhasson.

Ez a tűzvezetés túlságosan bonyolultnak bizonyult, ezért szükség volt más megoldásra, amit a megszakító szolgáltatott. A géppuskát nem rakták a légcsavar forgási körén kívülre, hanem a botkormánnyal egybeépített elsütő szerkezethez egy úgynevezett megszakítót szereltek, amely a fegyver tüzelését szinkronba hozta a légcsavar fordulatszámával, így lövés csak akkor történt, amikor a légcsavar lapátjai nem keresztelték a lövés síkját. Nem volt tökéletes megoldás, mivel így is előfordult, hogy lövedék találta el a lapátokat, de nem volt meg annak a veszélye, hogy saját gépét lövi le a pilóta. Ilyen szinkronizáló berendezéssel látták el a gépek többségét és alkalmazták őket az első világháborúban. Az egyik legsikeresebb ilyen gép Tony Fokker Eindecker-je volt (Eindecker = egyfedelű), amelyet Parabellum géppuskával szereltek fel, és 80 LE-s motorral láttak el. Legfélelmetesebb pilótái voltak Max Immelman és Oswald Boelcke, akik olyan harcászati szabályokat állítottak fel, melyeket még ma is alkalmaznak.

Egy másfajta beépítési mód az volt, amikor a fegyvert közvetlenül a gép hossz tengelye közelében helyezték el úgy, hogy az a légcsavar megfűrt tengelyén keresztül tüzelt. A célzás könnyebb lett, ami jobb találati valószínűséget eredményezett. Egyetlen hibája az volt, hogy a beépítési mód miatt a fegyver a kezelőtől távol került, a V-elrendezésű motor hengersorai közé, miáltal a töltés, az ürités és a műszaki kiszolgálása körülményessé vált. Mindazonáltal

az ily módon beépített fegyverek üzembiztos működéséhez nagyfokú automatizáltság szükségeltetik.

Az I. világháborúban a repülőgépek hatalmas fejlődésen mentek keresztül. A légi harcokban rengeteget számított a vezetői ügyesség, a pilóta elszántsága, de a küzdelmek kimenetelét nagymértékben meghatározta a gépek fejlettségi szintje és minősége. 1916-ra a németek Eindecker-jét mindenben felülmúlta a franciák Nieuport 11-es típusú kétfedelűje, amit azonban gyorsan túlszárnyalt az igen jól áramvonalazott Albatros DIII-as, ami az első olyan vadásztípus volt, amit két géppuskával gyártottak. 1917-re újabb és újabb gépek jelentek meg, mint a brit Sopwith F.1 Camel, a Bristol F.2B, vagy mint a francia Spad XIII. Mégis a németeknek sikerült létrehozniuk az I. világháború legjobb vadászgépét a Fokker D.VII-est.

Óriási fejlődésen mentek keresztül mind a repülőgépek, mind pedig a rájuk függesztett fegyverek is. Sokszor előfordult, hogy a levegőben használt géppuskák már csak a nevükben, szerkezetileg pedig csak nagy vonalakban hasonlítottak gyalogsági testvéreikhez. Ennek oka az volt, hogy a repülő-fedelzeti fegyvereknek más kitételeknek kellett megfelelniük, mint földi társaiknak. Habár a gyalogsági gépfegyverekből alakultak ki, fejlődésük az első világháború után vált teljesen ketté. A repülés során olyan speciális erőhatásoknak vannak kitéve a fegyverek, amelyek az üzembiztos működést akadályozhatják, ezért szigorúbb követelményeket kell velük szemben támasztani.

A légi-lövészeti feladatok végrehajtásakor a pilótának, vagy a lövésznek igen kevés ideje van a célbefogásra, a célzásra és a tüzelésre. Emellett a fegyver különböző alkatrészeire speciális túl- és hőterhelések hatnak, amelyek a működés alapvető feltételeit módosítják. Mindazonáltal a fegyverek általában távol helyezkednek el az őket kezelő személyzettől, ezért nagyon fontos a magas fokú automatizáltság, a távvezérelhetőség és a könnyű kezelhetőség.

Tapasztalatok és vizsgálatok alapján megállapították, hogy egy repülő-fedelzeti fegyverrel való tüzelésnél a cél megsemmisítésének valószínűsége függ a lőfegyver űrméretétől, tűzgyorsaságától, a célzás pontosságától, illetve

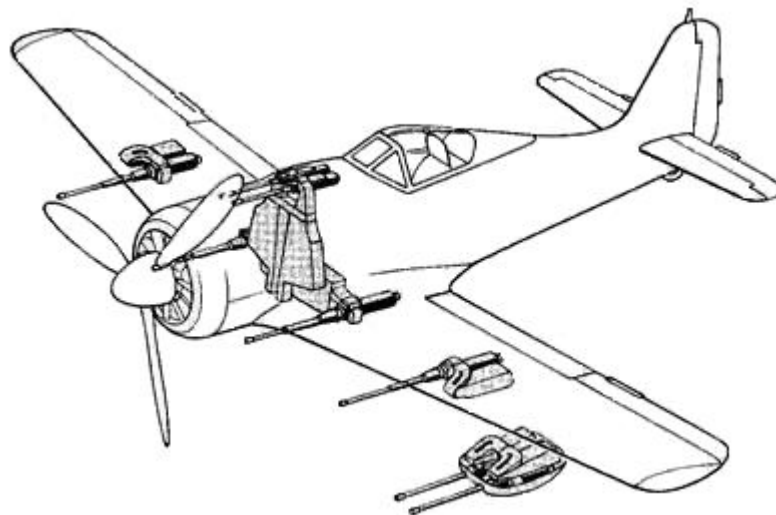
a lövedék kezdősebességétől. A cél megsemmisítésének valószínűsége növelhető, ha optimális űrméret mellett sikerül csökkenteni a lövedék repülési idejét és növelni a fegyver tűzgyorsaságát. Fontos még a fegyver kis mérete és kis tömege, mivel a repülőgépen minden tömeg többlet csökkenti a gép teljesítményét. A második világháború repülőgépeinek fegyverzetét, már e szerint az elvek szerint fejlesztették tovább. [1][3]

3.2. Fedélzeti fegyverfejlesztések a II. Világháború során

A szárazföldi és a repülő-fedélzeti lőfegyverek csak a második világháborúban különültek el egymástól teljesen. A könnyű szerkezetű repülőgépeket felváltották a fémből készült nehezebb szerkezetűek. Mint ahogyan a fegyverek is a repülőgép motorok is különváltak szárazföldi testvéreiktől. Nagyon kevés repülőgép volt két, vagy többfedelű, mivel az újabb és újabb motorokkal képesek voltak azt a sebességet elérni, amelynek hatására a felhajtóerőt biztosítani tudták többlet szárnyak nélkül. Fontos megjegyezni, hogy a lőfegyverek a vadászrepülőgépek fő, valamint a bombázók védelmi fegyverei maradtak. Már az I. világháborúban sem csak egy gépfegyvert, vagy gépágyút függesztettek a repülőkre, és ez később sem változott.

A lőfegyverek tömege csökkent, automatizáltságuk nőtt. Ezeknek köszönhetően helyezhettek el több fegyvert is a gépeken. Nem csak a bombázók rendelkeztek nagy tűzerővel, hanem a vadászok is egyre komolyabb fegyverzetet kaptak. Nem csak géppuskákat szereltek a repülőgépekbe, hanem a szárazföldi csapatok támogatását megcélózva, igen nagy űrméretű (akár 37 mm) gépágyúk is felkerültek és sikeres alkalmazásra is kerültek. A II. világháború ideje alatt a huzagolt csövű fegyverek voltak a vadászok fő támadó és a bombázók fő védekező fegyverei.

A fejlesztések fokozott ütemben haladtak, hogy egyre jobb, és hatékonyabb fegyvereket tudjanak létrehozni. Mint az köztudott, a háborúk mindig is a fegyverfejlesztések fő mozgatórugói voltak. Ebben a háborúban pedig sikerült néhány olyan fegyvert is létrehozni, amelyek egyes szerkezeti elemeinél még ma sem tudnak jobbakat alkotni. [1][3]



9. ábra Focke-Wulf 190A-8-as német vadászpilóta repülőgép 2 db 13 mm-es MG131 típusú géppuskával a törzsében, 4 db 20 mm-es MG151/20 géppuskával (2 a szárnytőben, 2 a szárnyakban) és egy MG151-es ikercsövű szárny alá erősíthető konténerrel [4]

3.3. Fedélzeti-fegyverekkel szemben támasztott speciális követelmények

Korábban már említést tettünk arról, hogy milyen szigorú követelményeknek kell megfelelniük a repülő-fedélzeti huzagolt csövű lőfegyvereknek. Felelevenítve a követelmények röviden: nagy tűzgyorsaság, nagy lövedékkezdősebesség, kis méret, kis tömeg, a működés automatizáltságának magas foka, távvezérelhetőség, és egyszerű műszaki kiszolgálás.

3.3.1. Tűzgyorsaság

Tűzgyorsaság alatt azt értjük, hogy a fegyver egy perc alatt mennyi lövést képes leadni. Mértékegysége a lövés/perc. Amint már említettük a fedélzeti fegyvereknél nagy tűzgyorsaságra van szükség, mivel a légi-harc során a repülőgép-vezetőnek, vagy a légi-lövésznek csak igen kevés ideje van a célzásra és a tűzkiváltásra, illetve ezt is csak kevés alkalommal teheti meg az ellenséges gép manőverei miatt. A manővereket mind a saját, mind az ellenséges gép nagy sebességgel hajtja végre, ami miatt a célzott tüzelést csak igen rövid idő alatt - ami csupán néhány másodperc - képes végrehajtani. Magától értetődik tehát, hogy azzal a fegyverrel, amelynek nagyobb a tűzgyorsasága, vagyis ez alatt a rövid idő alatt több lövést képes leadni, nagyobb lesz a célmegsemmi-

sítési valószínűsége. A ma ismert fedélzeti fegyverek tűzgyorsasága különböző lesz, attól függően, hogy például hány csővel rendelkezik. Az egycsőűeknél ez a szám 1000-1500, ikercsőűeknél 2500-3000, több csőűeknél elérheti a 4000-6000 lövés/perc nagyságot. Az ilyen nagy tűzgyorsaságú fegyvereknél a lőszerjavadalmazás szintén nagy lesz, ami 150-1500 lőszer is lehet fegyvertől függően. A csövet kímélendő, illetve a lőszeres gazdaságos felhasználását segítő a tűzvezérlő-rendszerekbe sorozatmegszakító-automatákat szoktak beépíteni, amik 15-30 lövésre csökkentik az egyszerre leadható lövések számát. Másrészt a túlságosan hosszú sorozatok, rossz hatással vannak a csőre, ugyanis a lövéskor keletkező hőhatás miatt a cső és a csőben lévő huzagok sokkal jobban kopnak.

A korszerű harci repülőgépek nem csak egy géppuskát, vagy gépágyút képesek hordozni, hanem egyszerre többet is a célfeladattól függően. A saját fegyverén kívül a gép külső függesztési pontjaira is el lehet helyezni huzagolt fegyvereket, amiket úgynevezett fegyver-gondolákba raknak. A gondola feladata, hogy a gép tűzvezérlő-rendszerével és a benne lévő fegyverrel létesítsen kapcsolatot, vagyis, hogy irányítsa annak működését. Ezáltal a gép tűzereje jelentős mértékben növelhető.

3.3.2. A lövedék kezdő-sebessége

Egy másik fontos követelmény a lőfegyverek lövedékeivel szemben támasztott azon követelmény, hogy azok kezdősebessége is nagy legyen. A lövedék kezdősebessége alatt azt a sebességet értjük, amelyet a lövedék a csőtorkolatnál ér el. A nagy kezdősebesség több ok miatt is fontos. Az egyik az, hogy a légi-lövészet során, mint már említettük, mind a saját mind az ellenséges gép sebessége igen nagy, tehát a lövedéknek a lehető legkevesebb idő alatt kell elérnie a célt. Azért fontos a nagy sebesség, mert ha a célgép manőverbe kezd, a kilőtt lövedék már nem képes korrigálni a röppályáját, tehát a két gép közötti távolságot a legkevesebb idő alatt kell megtennie. Minden a célgép által elkezdett manőver csökkenti a találati valószínűséget, tehát ha a lövedék sebessége nagy, még a manőver megkezdése előtt elérheti a célgépet, persze csak ha a távolság is megfelelő. A távolság növekedésével a találati valószínűség szintén csökken.

A másik ok, amiért a kezdősebességének nagynak kell lennie az az, hogy így a lövedék mozgási energiája is nagyobb lesz. Ennek következménye lesz, hogy nő a fegyver hatótávolsága, ami növeli a célmegsemmisítés valószínűségét. Páncéltörő lövedékek esetén a minél nagyobb mozgási energia növeli a páncél átütés nagyságát. A kezdősebesség természetesen függ a lövedék aerodinamikai kialakításától is. A ma ismert fedélzeti-fegyverek lövedékeinek kezdősebessége elérhet a 700-1200 m/s-ot is. Hatásos lőtávolságuk pedig 1500 és 3000 méter között változik. A kezdősebesség értéke nem választható meg önkényesen, mert az értéke egy sor harcászati illetve műszaki paramétertől függ.

3.3.3. Üzembiztos működés

A következő követelmény, amit a fedélzeti-fegyverekkel szemben támasztottak, az az üzembiztos működés még manőverezés közben is. Erre azért volt szükség, mert mint már szó volt róla, a közel légi-harcot a repülőgép a huzagolt fegyvereivel vívja meg, miközben manővereket hajt végre. Mivel a repülőgép nem csak hogy nagy sebességgel hajtja végre a különböző manővereket, hanem eközben a gép és a fegyver helyzete is folyamatosan változik a földhöz viszonyítva. Ezáltal a fegyverre és alkatrészeire ható terhelések igen sokszor és igen széles határok között változnak.

Ezekből a manőverekből származó túlterhelések negatív és pozitív értékeket is felvehetnek ($-3 < n < 8$) amelyek jelentősen megnövelik a fegyverben lévő mozgó alkatrészekre ható súrlódási- és tehetetlenségi-erőket. Ezen erők hatásként az alkatrészeknek különösen nagy szilárdági igénybevételt kell kibírniuk. Ezek az igénybevételek különösen nagyok lehetnek a nagy tömeggel rendelkező adogató-szerkezeteknél, melyek a töltényheveder mozgását végzik.

Kedvezőtlenül befolyásolhatják még az üzembiztos működést a magasságváltozásokból származó hőingadozások, amelyek magukkal vonják az alkatrész-méretváltozásokat, amik következménye a fellépő súrlódó-erők és szilárdági igénybevételek. Szintén rontják még a fegyver működését a légköri szennyeződések, a por, az eső és a jegesedés, amit a tervezőknek szintén ki kell küszöbölniük.

3.3.4. Automatizáltság és távvezérlés

A repülőgépen a fegyverek távol helyezkednek el a kezelőszemélyzettől, ezért az üzembiztos működést garantálni csak magas fokú és korszerű távvezérléssel lehetséges megoldani. Ez magával vonja, hogy a fegyvereknek is magas fokon automatizálnak kell lenniük. Ez alatt azt értjük, hogy a fegyvernek teljesen önműködőnek kell lennie, vagyis a kezelő vagy vezérlő utasításai szerint a működési ciklusoknak automatikusan ismétlődniük kell. Mindazonáltal a távvezérlésnek nem csak a tűzmegnyitás és tűzmegszakítást kell elvégeznie, hanem mindezek mellett biztosítani kell a fegyver tűzkész állapotba helyezését, a tűzkész állapot kijelzését, és a fellépő akadályok elhárítását, valamint ezen akadályok elhárításának megkísérlését. Biztosítaniuk kell még a már korábban is említett, a lőszerjavadalmazás gazdaságos felhasználásának vezérlését, sorozatlövés-megszakító alkalmazásával. Ezek a távvezérlő berendezések működtetési energiájuk szerint általában vagy elektromos, vagy elektro-pneumatikus, vagy elektro-pirotechnikai berendezések.

A magas fokú automatizáltság és a távvezérelhetőség, mind bonyolult technikai szerkezetekre adnak okot, mégis a fegyver-tervezők minél egyszerűbb szerkezetek kialakítására törekszenek, amelyek működése egyszerűsüknél fogva megbízhatóak.

3.3.5. Tömeg és méret

A fedélzet-fegyverek nagymértékben befolyásolhatják a repülőgép manőverező-képességét, teljesítményét és harci tulajdonságait. Minél nagyobb egy fegyver mérete, annál nagyobb lesz a tömege, ami viszont növeli a hasznos teher nagyságát, ami rontja a már említett tulajdonságait a repülőgépnek. A célmegsemmisítés szempontjából fontos követelmény a megfelelően nagy űrméretű lőszer, mivel minél nagyobb a lőszer, annál nagyobb lesz a mozgási energiája és így a pusztító képessége. De nem csak a fegyver és a lőszer tömege a fontos, hanem a lőszerjavadalmazásé is. Fontos még a lőszer elhelyezése is a repülőgépen belül, mert a lőszer fogyásával eltolódhat a repülőgép tömegközéppontja, ami tovább rontja a harci tulajdonságait. Tehát a ter-

vezők feladata, hogy olyan fegyvert készítsenek, amelynek tömege és mérete nem gátolja nagy mértékben a repülőgép repülési paramétereit, és ezáltal közvetve a harci tulajdonságait, ugyanakkor a célmegsemmisítő képessége, és ezzel közvetve a lőszer úrmérete se csökkenjen le nagymértékben.

Fontos megjegyezni, hogy a méret- és tömeg-csökkenésnek a célmegsemmisítési képességének csökkenésén túl vannak más műszaki korlátai is. Ezek a korlátok függenek a fegyver elkészítéséhez használt szerkezeti anyagok minőségétől, a gyártástechnológiától és a fegyver tervezett élettartamától. A fegyver tervezett élettartamán a csövenkénti lövésszámot értjük. A drága, ugyanakkor nagy szilárdságú anyagok felhasználása nem költségkímélő, és ezt a fontos szempontot nem lehet figyelmen kívül hagyni. Ugyanakkor a fegyverek méretezési eljárása során a tervezők figyelembe veszik a repülőgép várható élettartamát is, ami így lehetővé teszi, hogy a fegyver élettartamát ehhez igazítsák, ezáltal csökkentsék a biztonsági tényezők nagyságát. Ezen tényezők csökkentésével csökkenteni lehet az alkatrészek méretét és tömegét, ami viszont a lőfegyver élettartamának csökkenését is jelenti.

3.3.6. Műszaki kiszolgálás

Fontos tényező még az úgynevezett ismételt harcfeladatra történő előkészítés, amely alatt a repülőgép gyors kiszolgálását és a harci feladatra történő előkészítését értjük. Pontosabban a fedélzeti-lőfegyver gyors és egyszerű tisztítása, szerelése, működésének ellenőrzése, töltése és ürítése. A harcckészültségi feladatok végrehajtásának fontos tényezője a gyors és egyszerű kiszolgálás, nem pedig egyszerű kényelmi szempont. A már korábban is említett gondolák, fegyverbölcsők és konténerek szintén segítik a gyors kiépítést, leválasztást és újratöltést.

Fedélzeti-fegyverek tervezésénél nagyon sok feltételnek kell megfelelni, ami magas színvonalon nem érhető el mindig. Ezért a szakemberek mindig azt tartják szem előtt, hogy a repülőgép milyen harcfeladat végrehajtását célozza meg, és ez alapján tervezik és kivitelezik a fegyvereket, hogy azok optimális műszaki-harcászati paraméterekkel rendelkezzenek. Ezek a paraméterek alapján lehet összehasonlítani a különböző repülő-fedélzeti lőfegyvereket. [1]

4. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI HUZAGOLT FEGYVEREK FELOSZTÁSA

4.1. A lőfegyverek felosztása automatizáltságuk alapján

A szakemberek sok módon próbálták meg felosztani a lőfegyvereket, de most csak a legelfogadottabb felosztással ismerkedünk meg, illetve két olyan csoportosítással is, amelyek kifejezetten a repülő-fedélzeti huzagolt fegyverekkel foglalkoznak.

Automatizáltság szerint a legegyszerűbbek az úgynevezett **egylövetű_lő**-fegyverek. Ezek a fegyverek, már a XV. században (más feltételezések szerint már a XIII. században) megjelentek. Nevüket onnan kapták, hogy egy lövés kiváltása után az újratöltésig eltelt idő viszonylag hosszú volt. Ide sorolhatók az első elől- és hátultöltős pisztolyok és puskák. Tűzgyorsaságuk igen változó volt. A kezdeti időszakban az újratöltés lehetett akár több perc is, de a „modernebbek” elérhették az akár 6-7 lövés/perces tűzgyorsaságot is.

A következő lépcsőfok a fejlődésben az **ismétlő** lőfegyverek voltak, amiket további két csoportra lehet osztani.

Az első csoport a **kézi-ismétlő** pisztolyok és puskák csoportja, melyek nevük alapján meghatározott jellemzője volt, hogy a zárat kézzel kellett hátrahúzni, és így történhetett meg a hüvelykivetés, az új lőszer csőbe tolása és a zár reteszélése. Ilyen módon az újabb lövés leadásához be kellett fejezni a kézi-ismétlést. Ezen fegyverek tűzgyorsasága igen alacsony volt, mindössze 10-12 lövés/perc.

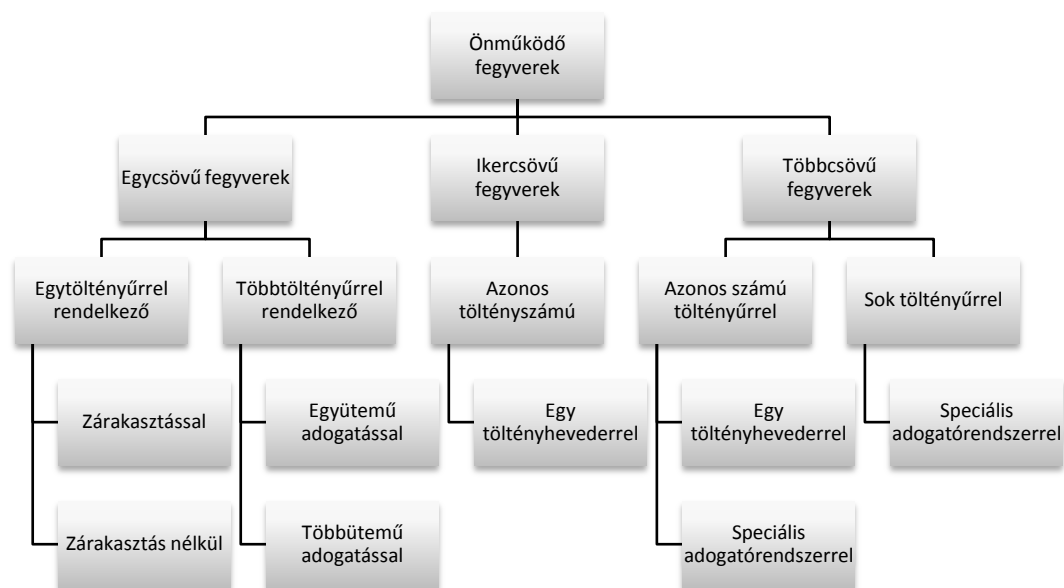
A második csoportba az önismétlő fegyvereket sorolták. Ezen pisztolyoknál és puskáknál az újratöltés műveleteit automatika végezte. A lövést végző személynek mindig újra ki kellett váltania lövést, mert a fegyver nem volt teljesen automata. Az önismétlő fegyverek tűzgyorsasága csak elméleti szinten érte el a percenkénti 40-60 lövést, mivel a gyakorlatban a tölténytárak csak 6-10 lőszert tartalmaztak, ezért a gyakorlati tűzgyorsasága csak 15-20 lövés volt percenként.

Az utolsó és legfejlettebb csoportba az **önműködő**, vagy más néven **automata** fegyverek tartoznak. Ide sorolták a sorozatlövő géppisztolyokat, gépkarabélyokat, géppuskákat és gépágyúkat. Ezeknél a fegyvereknél a lövő feladatai csak a célzás, a tűzmegnyitás és a tűzmegszakítás voltak, a lövés többi ciklusát elvégezte az automatika. [1]

4.2. A repülő-fedélzeti automata fegyverek felosztása

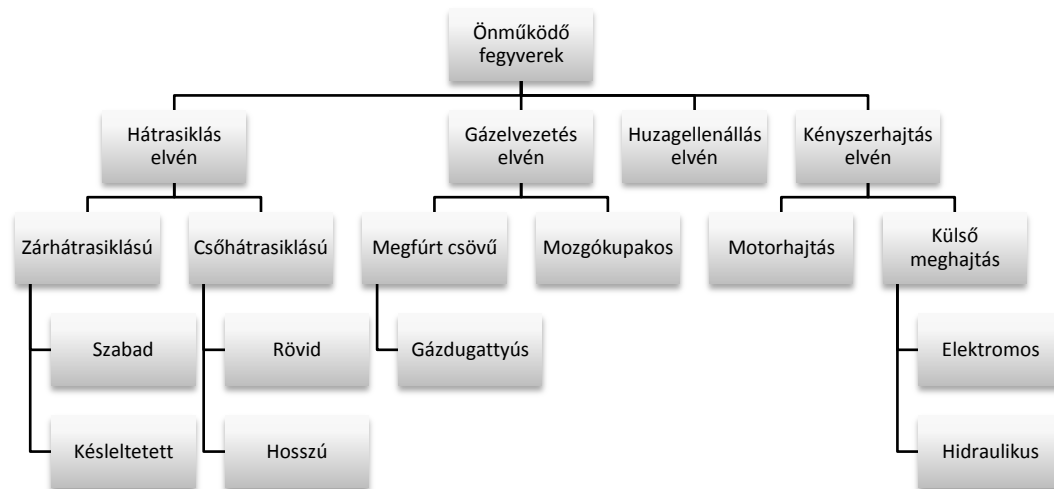
A repülő-fedélzeti fegyvereket nagyon sokféle módon fel lehet osztani, de most csak a két leggyakrabban alkalmazott felosztás kerül ismertetésre.

Az első felosztás alapja, hogy milyen módon történik az újratöltés műveleteinek végrehajtása.



10. ábra Az automata fegyverek felosztása az újratöltés műveletei szerint [1]

A második felosztás alapja, hogy a fegyver automatikája milyen meghajtási elv szerint működik.



11. ábra Az automata fegyverek felosztása a meghajtás elve szerint [1]

Az első nagy csoport a hátrasiklás elvén működő automata fegyverek, amely csoport közös jellemzője, hogy a lövés során kialakult hátralökési-erőt használja fel az automatika működtetésére. Ez az erő fogja létrehozni azt az energiát, amely a lövés ciklusainak működtetését végzi. Ezeket további két csoportra lehet osztani, attól függően, hogy a hátralökési-erő vagy csak a zárat mozgatja, vagy pedig a csövet a zárral együtt. Az előbbit zárhátrasiklású, az utóbbit csőhátrasiklású lőfegyvereknek nevezik.

Ha a zár nincs mereven összekapcsolva a csővel, akkor az ilyen zárhátrasiklású fegyvereket szabad hátrasiklásúnak, vagy súlyzárásnak hívjuk. Abban az esetben, ha a zár és a cső, lövés utáni szétkapcsolása lassított, akkor késleltetett zárhátrasiklású fegyverről beszélünk. Ezen típusú fegyverek nem terjedtek a repülőgépeken, mivel tűzgyorsaságuk alacsony, a súlyzár tömege pedig túlságosan nagy. Ilyen súlyzárás fegyver például a PPS géppisztoly.

Amikor a cső a zárral együtt mozog, csőhátrasiklásos fegyvernek hívjuk, és két nagy csoportra oszthatók. Abban az esetben, ha a zár a csővel mereven ösz-

sze van kapcsolva-reteszelve, és a hátrasiklás teljes hosszán együtt is maradnak, akkor hosszú csőhátrasiklású fegyverről beszélünk. Ezeket szintén nem használják fedélzeti fegyverként lassú tűzgyorsasága és nagy tömege miatt.

Ha a cső a zárral csak egy rövid szakaszon siklik együtt, amikor reteszelt állapotban van, abban az esetben rövid csőhátrasiklásos fegyverről beszélünk. Az ilyen típusú fegyverek gyakran kerülnek alkalmazásra repülőgépek fedélzeti fegyvereként, mint például az N-37-es és az NR-23-as géppágyú.

A következő nagyobb csoport a **gázelvezetés** elvén működő fegyverek, melyek, ahogy a nevük is mutatja a lövés során képződött lőporgázok elvezetésével és mechanikai munkává alakításával történik az automatika működtetése. Abban az esetben, ha a cső megfúrt részén keresztül a gázokat egy hengerbe vezetik, amelyben egy dugattyú alternáló mozgással alakítja át, **megfúrtcsövű-gázdugattyús** fegyverről beszélünk. Az ilyen módon működő fegyvereket gyakran alkalmazzák repülőgép fedélzeten, mint például az JakB-12,7-es géppuskát, vagy a GS-23-as géppágyút.

Ha a lőporgázok nem dugattyúba, hanem egy mozgó kupakba ütközve működtetik az automatikát, abban az esetben mozgó-kupakos lőfegyverről beszélünk. Az ily módon működő fegyverek nem terjedtek el sem a gyalogsági, sem a repülőgép fedélzeti fegyvereknél.

A harmadik nagy csoport a huzagellenállás elvén működő fegyverek. Az elv azon alapszik, hogy amikor a lövés megtörténik, és a csőbe elkezd belesajtolódni a lövedék, akkor a nem rögzített cső elfordul a tengelye körül, ezzel működtetve az automatikát. Szintén nem elterjedt ez a típusú fegyver-automatikát működtető elv sem. A Maulicher-pisztoly ilyen elven működik.

A negyedik és egyben utolsó csoport a fegyverek automatikájának meghajtás módja szerinti felosztásában a **kényszerhajtás** elvén működő lőfegyverek. Ezen típusú fegyvereknél az automatika meghajtását egy külső energiaforrás végzi. A kényszerhajtásos fegyvereket további két csoportra lehet osztani.

Az első csoportba azok a fegyverek kerültek, melyeknél a meghajtás a repülőgép motorjáról történt egy tengelykapcsolón keresztül. Ezeket **motor hajtású** lőfegyvertípusnak keresztelték el, de nem terjedhettek el, mert túlságosan bonyolult és megbízhatatlan volt a motor hajtása és a lőfegyvernek az összekapcsolása. De nem csak ez okozott problémát, hanem az is, hogy a vezérlő rendszer nem érzékelte az esetleges akadályt, ezért folytatódott a töltés művelete és az így keletkezett rátöltés a lőszer robbanásához, vagyis balesethez vezetett. Ilyen típusú fegyverek már az 1930-as években is készültek, mint például a repülőgépmotor hajtotta Gebauer-géppuska.

A második csoportot azok a többcsövű lőfegyverek alkotják, amelyek automatikájának meghajtása **külső kényszermeghajtással** történik. Ez a külső meghajtás fajtája szerint lehet elektro-, vagy hidraulika motor hajtású. Ellentétben a motor hajtású meghajtó rendszerekkel, ezek a modern rendszerek már rendelkeznek úgynevezett vezérlő-ellenőrző rendszerrel is, amely meggátolja a lőfegyver meghibásodása esetén a rátöltést. De nem csak a fegyver automatikáját működtetik, hanem a speciális töltény-adogató rendszereket is, tengelykapcsolók és hajlékony-tengelyek segítségével. Ilyen típusú például az amerikai „Vulcan” hatcsövű 20 mm-es gépágyú. [1]

4.3. Gyakran alkalmazott repülőfedélzeti-lőfegyverek

4.3.1. Egycsövű-egytöltényű lőfegyverek

Az ilyen típusú lőfegyverek a napjaink legelterjedtebb fedélzeti lőfegyverei. Alapvető jellemzőjük a csővel egybeépített töltényűr, és az, hogy az automatikája csupán ennek az egy csőnek a táplálását végzi. Működési ciklusa a lövés kiváltásával kezdődik, amelyet az elsütő-, vagy adott esetben ütőszerkezet végez. Ezután az energiaátalakítás következik, ami a cső feladata. Ezt követően megtörténik a zár kireteszelése, vagy a töltényűr nyitása, ami a zár és a zárszán feladata. Miután megtörténik az üres hüvely kihúzása – amit vagy a zár, vagy az adogató szerkezet végez – a soron következő lőszer az adogató szerkezet a zárba tolja. Ezt követően a töltény a csőbe kerül és meg-

történik a reteszelése a zárnak, vagyis megtörténik a töltényűr lezárása, és a folyamat ismét kezdődhet előlről.

4.3.2. Rövid-csőhátrasiklású lőfegyverek

A lőfegyverek automatikájának meghajtási módja szerinti felosztásakor már volt szó róla, hogy a rövid-csőhátrasiklású lőfegyvereket előszeretettel alkalmazták repülőgépek fedélzetén. Ahogy a nevük is mutatja, működési elvük lényege az, hogy a zár és a cső együtt mozdul hátra és előre - de csak egy rövid szakaszon - amivel képes működtetni az automatikát. A lövés során létrejött löporgázok hátralökési-erejét használja fel a cső és a zár hátra mozgatásához, míg az előre történő mozgást egy rugó hatására végzi a szerkezet. Azt, hogy a cső képes legyen a hátrasiklásra a tokban, egy úgynevezett zárhüvely teszi lehetővé, amely a csőhöz van szerelve. Ez a zárhüvely az, ami tulajdonképpen a hátrasiklás során elvégzetteti a ciklus műveleteit a fegyver többi alkatrészével.

Az ilyen elven működő fegyverek általában a repülő fedélzeti automata gépágyúk, melyek űrmérete 20 mm, vagy nagyobb. Ezeknél a fegyvereknél a cső hátrasiklásának hossza 0,2-0,3 része a zárhátrasiklás úthosszának, ezért nevezik ezeket rövid csőhátrasiklásúaknak. A második világháború vége felé és azt követően terjedtek el. Előnyös tulajdonsága, hogy a működése megbízható egyszerű szerkezete miatt, és viszonylag kicsi hátralökési-erőt adnak át a repülőgép előbeépítésére, ezért nagyobb űrméretű (30 mm) fegyverek is készülhetnek. Ezen fegyverek megjelenésének korai időszakában, a legnagyobb hátrányuk a mérsékelt tűzgyorsaság volt, amely csak 500-800 lövést érte el percenként, illetve a szerkezetből adódó nagy méret és tömeg, amely a zárhüvelynek és a csőrugónak köszönhető. Folytak kísérletek a korszerűsítésükre, amelyek során a rugókat gáz-helyretoló szerkezetekkel helyettesítették, illetve előre- és hátrasiklás-gyorsítókat alkalmaztak, miáltal tömegük csökkent és tűzgyorsaságuk jelentősen megnőtt.

4.3.3. Gázelvezetéses-gázdugattyús lőfegyverek

Szintén volt róla szó a lőfegyverek automatikájának meghajtási módja szerinti felosztásánál, hogy az ilyen típusú fegyvereket is szívesen alkalmazzák a repülőgépek fedélzetén. Működésük alapja, hogy a lövés során képződő lőporgázokat egy csövön keresztül elvezetve a fegyver többi alkatrészének mozgatására és az automatika működtetésére használják fel. A megfűrt csövön keresztül elvezetett lőporgázok nyomásenergiáját alakítják át mechanikai munkává henger és dugattyú segítségével. Amely munka utána lehetővé teszi a zár alternáló mozgatását és az újratöltés műveleteinek elvégzését. Az egycsővű-egytöltényű fegyvereknél a gázdugattyú a zárszánnal és a zárvezetővel van összekapcsolva, amelyek az alkatrészek működtetését végzik.

A gyakorlatban, mint minden más típusú fegyvernél, a gázelvezetéses-gázdugattyús gépágyúknál is arra törekednek, hogy minél több művelet kerüljön párhuzamos végrehajtásra. Ennek oka, hogy ily módon képesek csökkenteni a ciklusidőt, amely a tűzgyorsaság növekedésével jár. Szakemberek szerint a műveletek párhuzamosítását nem érdemes bonyolult szerkezetekkel megoldani, mivel ezek tovább növelik a fegyver meghibásodásának valószínűségét.

Az ilyen típusú lőfegyverek mind a repülőgépeknél mind a helikoptereknél elterjedtek, de a szárazföldi erőknél rendszeresített fegyverek között is sűrűn találunk hasonló elven működőket. Előnyös tulajdonságuk közé tartozik, hogy a gázdugattyús meghajtás kisméretű és kis tömegű, és igen gyors zárháttrasiklás érhető el, ami által az egycsővű-egytöltényű fegyvereknél a tűzgyorsaság elérheti a 800-1800 lövést is percenként.

Nem elhanyagolható előny még az egyszerű szerkezet, amely csökkenti a meghibásodás valószínűségét. Hátránya, hogy a jelentős hátralökő erő miatt speciális előbeépítéseket (rugós ütközők) kell a repülőgépen alkalmazni. A nagy hátralökő-erő miatt nem célszerű csak 30 mm alatti űrmérettel rendelkező fegyverek automatikájának meghajtása ilyen módon. Ugyanakkor a gázdugattyú nagy sebessége miatt az alkatrészeket az ütközések során nagy erő-

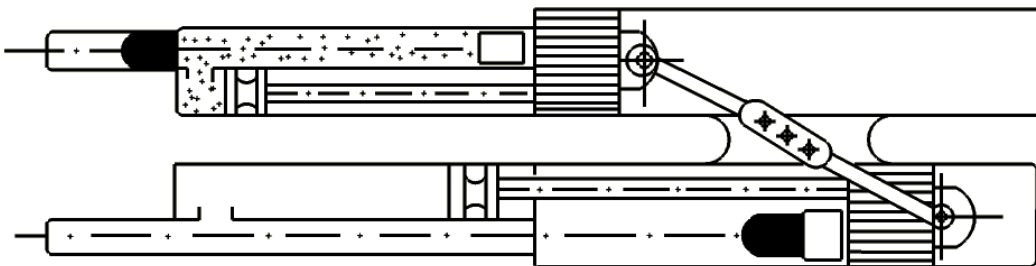
hatások érik, amelyek deformációkkal járhatnak. Ha viszont megpróbáljuk elvezetni a lőporgázokat a csőből, akkor az nyomáscsökkenéssel jár, ami viszont a lövedék gyorsítása szempontjából kedvezőtlen lesz.

4.3.4. Ikercsövű géppágyúk

Az egycsövű-egyöltényűrű lőfegyverek fejlesztése során a szakemberek rájöttek, hogy a ciklusidőt csökkenteni, már jobban nem tudják, mivel nincs lehetőség az újratöltési műveletek párhuzamosítására, ezáltal nem lehetséges a tűzgyorsaság további növelése. Ezzel szemben az ikercsövű fegyvereknél szinte felkínálja magát az újratöltési műveletek párhuzamosítása, amely természetesen tovább csökkenti a ciklusidőt, és további növekedést eredményez a tűzgyorsaságnál.

Ikercsövű géppágyúnak nevezzük az olyan fegyvert, amely két csőből felváltva tüzel és alkatrészei céltudatosan úgy vannak építve, hogy az automata szinkronizált működése biztosítva legyen, ami a két cső újratöltési műveleteinek párhuzamosítását jelenti. Hála a két csőnek és a két töltényűrnek a fegyver nem csupán két egymás mellé épített géppágyú, hanem egy nagy tűzgyorsaságú kétcsövű automata fedélzeti fegyver.

A két cső tölténnel való táplálását csupán egy adogató szerkezet végzi szintén egy töltényhevederből. Ez az adogató szerkezet, a zárok és a kisegítő szerkezetek végzik az újratöltési műveleteket. Ezen műveletek párhuzamosításának szinkronizálását az úgynevezett összekötő kar végzi.



12. ábra GS-23-as ikercsövű géppágyú szerkezeti vázlata [1] [Kovács Balázs – Google SketchUp]

Előnyös tulajdonságuk, hogy mivel sok közös szerkezeti elemük van, ezért méretük és tömegük csökkentése lehetséges volt. Előnye még a műveletek párhuzamosításából fakadó nagy tűzgyorsaság, amely 2500-3500 lövés/perc is lehet. A kis méretek és a tűzgyorsaság nagysága lehetővé teszik az ikercsövű géppágyúkat, hogy gondolkodásba építve függeszthetők a törzs vagy a szárnyak alá. Hátrányaként írható fel a csövek viszonylag alacsony élettartama, amely 2000 és 4000 lövés között mozog. Élettartamuk növelését célozzák azon törekvések, hogy a sorozatok hosszát igyekeznek szabályozni (50-100 lövés).

Ezen tulajdonságok teszik lehetővé, hogy az ikercsövű géppágyúk jól megfeleljenek a repülő-fedélzeti lőfegyverekkel szemben támasztott követelményeknek. Megtalálhatóak repülőgépeken (GS-23, 23 mm űrméretű géppágyú), helikoptereken, de légvédelmi rendszerekben is – például az olasz Breda L-70 típusú 40 mm űrméretű géppágyú – gyakran előfordul.



13. ábra GS-23-as ikercsövű géppágyú [13]

4.3.5. Egycsövű-többszörös lőfegyverek

Az ilyen típusú géppágyúk kifejlesztésének alapjául a már régen ismert Colt-típusú kézi lőfegyverek szolgáltak. A western filmekből jól ismert forgótáras pisztolyok, amelyek 4-8 töltényűrrrel rendelkeztek, adták az ötletet, hogy egy csőhöz több töltényűrt rendeljenek. Ezeket a töltényűroket egy forgódobban

helyezték el a cső mögött. A tűzkiváltás mindig a cső tengelyének vonalába eső töltényűrből történik. A német fegyvertervezők ezt az elvet alkalmazva építették meg 1943-ban az MG-213C 20 mm űrméretű egycsővű-öttlötényűrű gépágyút.

A fedélzeti lőfegyvereknél is a lövés kiváltása a csőtengely vonalában álló töltényűrből történik, miközben a töltényűr hátsó része lezáródik egy tok segítségével. A forgódob mozgatása többféle módon is történhet, de leggyakrabban a gázelvezetéses és a külső meghajtás elvét alkalmazzák. A csőhátrasiklásos elv nem alkalmazható megfelelően, mert ilyen esetben a forgódob mozgatásához túlságosan bonyolult szerkezeti kialakítás szükséges.

Az egycsővű-többlötényűrű lőfegyverek működési elvének megértéséhez egy egycsővű-háromtöltényűrű fegyvert veszünk alapul. A továbbiakban a gázelvezetéses elven működő automatikával rendelkező fegyvereket vizsgáljuk meg.

Az alapvető működési elve az, hogy amint megtörténik a bereteszelt töltényűrben a lövés kiváltása és a lövedék elhagyta a csövet, az elvezetett lőporgázok segítségével megkezdődik a forgódob mozgatása. Mivel a töltényűrök a dobban egymással 120° -os szöget zárnak be, ezért a lövés kiváltásával egy időben más műveletek elvégzésére is sor kerül. A hüvely kihúzása, a töltény tolása, valamint a kireteszelés és bereteszelés műveletei párhuzamosan kerülnek végrehajtásra. Azáltal, hogy az újratöltés műveletei párhuzamosításra kerültek, ezáltal a ciklusidő is jelentős csökkenést szenved el, miáltal a tűzgyorsaság nő.

Gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az újratöltés műveletei közül a leghosszabb műveleti idővel a tölténytolás művelete rendelkezik, melynek oka, hogy a nagy tömegű lövedékkel szerelt töltény tolásának sebessége korlátozva van szilárdságtani okokból. Működésük egyik jellegzetessége, hogy az automatika műveletei két nagy csoportra osztható, attól függően, hogy a töltényűrdob áll, vagy mozgásban van. Az álló helyzetben végzett műveletek közé az elsütés és az energiaátalakítás, vagyis a lövedék gyorsítása tartozik. A töltényűrdob elfordításakor történik meg a kireteszelés, a hüvelyvonás, a tölténytolás és a bereteszelés művelete, illetve sorozatlövéskor ide szokás sorolni az elsütés műveletét is. Mivel az elsütés és az energiaátalakítás csak a

hüvely vonalában hajtható végre, ezért ezen műveletek párhuzamosítása nem lehetséges, ellentétben a többi felsorolt művelettel szemben.

A párhuzamosítással tehát csökkenthető a ciklusidő, ami a töltényűrdob álló helyzetében végrehajtott műveleti idő és ennek elforgatása során végrehajtott műveleti idő összege lesz. A ciklusidő csökkentése tehát lehetővé tette a tűzgyorsaság növelését, ami az egyik fontos követelménye a repülőfedélzeti fegyvereknek.

4.3.6. Többcsövű-többszörös töltényűrű lőfegyverek

Az egycsövű-egyszörös töltényűrű lőfegyvereknél a fegyvercsövet igen nagy hőhatások érik, amit szükséges csökkenteni. A fegyvertervezők arra a következtetésre jutottak, hogy több cső bevezetésével nem csak a hőhatás fog csökkenni, de a fegyver tűzgyorsasági is jelentősen nő. Mint már azt a felosztásban is láthattuk, a többcsövű-többszörös töltényűrű fegyvereket további két csoportra lehet osztani.



14. ábra Többcsövű-azonos töltényűrű JakB-12,7-es géppuska egy Mi-24-es harci helikopteren [14]

Az első ilyen csoport a többcsövű-azonos töltényűrű fegyverek, amelyek fő jellemzője a nevéből adódóan az, hogy a csövek és a töltényűrök száma azonos. A kutatások és a tesztek során kedvező eredményeket a 4-8 csövű és ezzel azonos számú töltényűrrel rendelkező lőfegyverek értek el, melyeket feltalálójára, Richard Jordan Gatling után, Gatling-rendszerű fegyvereknek neveznek.

A csövek egy zárhüvelyben vannak becsavarva, és ezáltal egy csőblokkban egyesítve. Minden egyes cső hátsó része töltényűrré van kialakítva, és mindegyikhez egy-egy zár tartozik. A tüzelés folyamata során a tokban a csőblokk forgó mozgást végez a tokban, mely során a tok kényszerpályája a zárat alternáló mozgásra kényszeríti a csőtengely irányában. A csőblokk egy teljes fordulata alatt a zárok előre és hátra mozognak, és közben elvégzik a töltés és ürítés műveleteit, úgy mint a kireteszelés, hüvelyvonás, tölténytolás és

bereteszelés. A bereteszelés végeztével történhet meg az ismételt lövés kiváltása. A lőszer töltényhüvelybe tolását, majd a bereteszelést, végül az üres hüvely kihúzását a csövekhez tartozó zárok végzik.

A csőblokk tömege nagy, miáltal a megforgatásához szükséges erőnek is megfelelően nagyoknak kell lennie. Ez igen komoly műszaki feladatot jelentett a fegyvertervezők számára. Sokszor a meghajtást nemcsak a lőporgázok elvezetéséből származó energiából nyerik, hanem gyakran szükséges úgynevezett külső energiaforrásról működtetett kényszerhajtás is, amely lehet elektromotoros, hidraulikus, illetve pirotechnikai.

Bár a többcsövű-azonos töltényűrű fegyverek tömege nagy, mégis jól megfelelnek a repülő-fedélzeti lőfegyverekkel szemben támasztott követelmények többségének. Kimagasló tűzgyorsaságuk, mely percenként 3000-6000 lövés között változik típustól függően. Előnye még, hogy a csőblokk sorozat-tüzelés közben forgó mozgást végezhet, és ezért nem kell minden egyes lövés előtt megállítani, illetve a lövés kiváltása után újra felgyorsítani. Előnye még a több csőnek, hogy a már említett hőterhelés nincs rá akkora befolyással, mert felváltva tüzelnek, és ezért alkalmazható a léghűtéses hűtőrendszer. Mivel a fegyvernek igen nagy a tűzgyorsasága, ezért itt is felmelegedhetnek a csövek, ebből kifolyólag szükséges a sorozatmegszakítók alkalmazása, amely a léghűtés mellett tovább növeli a csövek élettartamát.



15. ábra Egy GAU-8/A Avenger 30 mm-es gépágyú a speciális tölténytároló dobbal (szerkezeti rajz) [15]

Ugyan a fegyverek rendszeresítésre kerültek több nemzetnél is, fejlesztésük továbbra is folyamatban van. A fegyverfejlesztőknek több műszaki problémára is kell jobb megoldást találniuk. Többek között a töltényadogatást megbízhatóbbá kell tenni, csökkenteni kell a fegyver előnytelenül nagy tömegét és méretét, tovább kell gyorsítani a csőblokk forgó mozgását a minél nagyobb tűzgyorsaság eléréséhez, és az esetleges akadályok esetén a kényszerhajtás gyors leválaszthatóságát biztosítani kell. Mivel ezen fegyverek tűzgyorsasága nagy, és a töltényhevederre igen nagy tehetetlenségi erő hat ami a repülőgép manőverezéséből adódik, ezért a hagyományos fémhevederek ezeket az igénybevételeket nehezen tudják elviselni. Ezért készítettek egy speciális tölténytároló dobot az amerikai M 61-es és GAU-8/A-s számára.

Ezek a gépágyúk külső kényszermeghajtással rendelkeznek. A fegyverek és a tölténytároló dob meghajtását és szinkronizálását egy hajlékony tengely végzi. Egy végtelenített szállítószalag köti össze a dobot a gépágyú adogató szerkezetével. Ez a szállítószalag viszi a töltényeket a dobból és szállítja vissza az üres hüvelyeket. A már említett hajlékony tengely lesz az, ami a gépágyú működése során forgó mozgásra kényszeríti a dob belső hengeres tárcsáit, amelyek ezután a dob belső kényszerpályáival együtt a töltényeket az adogató nyílás irányába terelik, illetve az üres hüvelyeket a töltények helyére helyezik. Ez a speciális adogató rendszer biztosítja a gépágyúk számára a megbízható töltényadogatást. Bár a szerkezet megbízható, de jelentős hátránya, hogy nagy tömeggel és mérettel rendelkezik, ami magával vonja a nagy helyigényt.

A többcsövű-azonos töltényű lőfegyverek alkalmazása terjedőben van, mert a repülő-fedélzeti fegyverekkel szemben támasztott követelményeknek többségének megfelelnek. Elterjedtek mind merev, mind forgószárnyas repülőgépeken, és hatékonyan alkalmazhatóak mind földi mind légi célok leküzdésénél. Ugyanakkor még sok műszaki feladat vár jobb megoldásra a jövőben, amelyet a fegyvertervezőknek kell megoldaniuk. [1]

5. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI HUZAGOLT CSÖVŰ LŐFEGYVEREK SZERKEZETI EGYSÉGEI

Mint minden más fegyvert, a repülő-fedélzeti lőfegyvereket is fel lehet osztani szerkezeti egységekre, melyek a működési ciklus műveleteit végzik. A szerkezeti egységek lehetnek fő, vagy alapvető, illetőleg kiegészítő berendezések.

A fedélzeti fegyverekkel szemben támasztott követelmények közül fontos a magas fokú automatizáltság és az üzembiztos működés, amelyek korszerű szerkezeti felépítést vonnak maga után, ami viszont nem azonos a bonyolult szerkezeti felépítéssel. Mint már említésre került a fegyvertervezők ezért mind egyszerűbb és egyszerűbb szerkezeti felépítésre törekednek.

Ebben a fejezetben felsorolásra kerülnek a fedélzeti fegyverek fő és kiegészítő szerkezeti egységei, és rendeltetésük megismerése, a teljesség igénye nélkül.

5.1. A repülő-fedélzeti fegyverek fő szerkezeti egységei

5.1.1. A fegyvercső

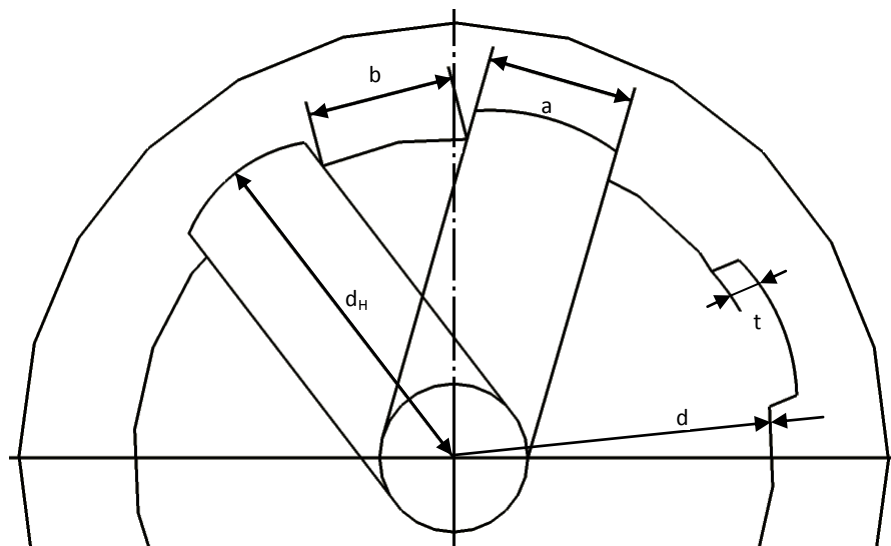
Mint minden szárazföldi vagy hajó-fedélzeti huzagolt fegyvernek, a repülő-fedélzeti lőfegyvernek is nélkülözhetetlen szerkezeti egysége a cső. A csövet egy hőerőgépnél szokás tekinteni, amelyben a lőpor elég és a lőporgázok nyomási energiája átalakul a lövedék mozgási energiájává.

A fegyvercső rendeltetése a lőporgázok nyomási energiájának átalakítása mozgási energiává, illetve a lövedék haladási irányának, kezdősebességének és forgó mozgásának meghatározása. A fegyvercsövet szilárdságtanilag nagy igénybevételnek teszi ki az igen rövid idő alatt és nagy nyomáson lezajló energiaátalakítás.

A fegyvercső tulajdonképpen szerkezetileg egy olyan két végén nyitott cső, amelynek egyik végét töltényűrnek, a másikat pedig csőtorkolatnak nevezik. Vannak azonban olyan lőfegyverek, amelyeknél a csőbe nincs beépítve a töltényűr, mint például az egycsővű-többszövtöltényű fegyvereknél.

A töltényűrnél a cső falvastagsága nagyobb, hogy a maximális gáznyomásnak is ellen tudjon állni, de a csőtorkolat felé közeledve ez a vastagság egyre csökken. A lőfegyver méreteit és a lövedék kezdősebességét jelentősen befolyásolja a cső hossza, amit ballisztikai számítások alapján határoznak meg. A gyakorlatban a fegyvercső hosszát az űrméret többszörösével – 60-70-szeres – szokták megadni.

A cső belseje három, jól elkülöníthető részből áll. A már említett töltényűrből, amely belülről sima és alakja követi a töltény alakját. Az átmeneti kúpából, ami összeköti a töltényűrt és a harmadik szerkezeti egységet a huzagolt részt. A cső huzagolt része úgynevezett ormózatokból áll, amelyek között mért átmérőt nevezik űrméretnek. A huzagok mélységét az alábbi képlettel számolják a gyakorlati tapasztalatok alapján: $t = \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{70}\right) d$. Az ormózatok szélessége (a) mindig azonos a huzagok szélességével (b). A huzagok számát pedig szintén egy tapasztalati összefüggés alapján számolják: $n = \frac{\pi d}{a+b}$. Leggyakrabban páros számú huzagokat alkalmaznak, mert gyártásuk jóval egyszerűbb. Amennyiben az űrméret 8 és 20 mm között van akkor 8, ha 20 és 25 mm között van, akkor 10, és ha 25 mm fölötti, akkor 16 darab huzagot alkalmaznak.



16. ábra A cső huzagolása [1] [Kovács Balázs – Google SketchUp]

A huzagok alakja lehet derékszögű, trapéz, és szegmens. A gyakorlatban a derékszögű huzagolást alkalmazzák, mert gyártása egyszerűbb és olcsóbb. Hátrány viszont, hogy a tömítése gyengébb, az éles sarkok pedig feszültség-

gyűjtő helyekké válnak, mindamellett tisztítása körülményes. A lövés folyamata során a lövedék bronz vezetőgyűrűje belesajtolódik a huzagokba, de nem tudja teljesen kitölteni azt, ezáltal a tömítés nem lesz tökéletes. Ez azért hátrányos, mert a lőporgázok egy része a tökéletes tömítetlenség hiánya miatt munkavégzés nélkül távozik. Ugyanakkor a magas hőmérsékletű és nagy sebességgel áramló gázok az átáramlási réseken eróziót okoznak, mellyel tovább növelik a réseket és ezzel további tömítetlenséget okoznak.

Lövéskor a cső maximális gáznyomás hatása alatt összetett igénybevételnek van kitéve, melynek hatására a cső radiális és tangenciális irányokban deformálódik. Az összetett igénybevétel során a cső rugalmas deformációt szenved el, de ez nem okoz maradandó alakváltozást, ugyanakkor a huzagok és ormózatok találkozási pontjaiban feszültséggyűjtő helyek keletkeznek, amelyekből később hajszálrepedések indulnak. Mindemellett a lövést követően az éles sarkokból a szennyeződéseket igen nehéz kitakarítani, ami viszont korróziót eredményezhet.

A derékszögű profil hátrányai kiküszöbölhetőek, ha szegmens (lekerekített) profilú huzagokat alkalmaznának, de sajnos ez oly mértékben megnövelné a technológiai és gyártási költségeket, hogy nem terjedt el a gyakorlatban.

Mint már korábban láttuk az első huzagolások még nem voltak csavart vonalúak, hanem a csővel párhuzamosan futottak, ami viszont még nem adta meg a forgást a lőszernek, csak valamelyest stabilizálta azt a pályáján. Idővel a fejlesztők rájöttek, hogy azok a tárgyak, amelyek a saját tengelyük körül forogva repülnek, sokkal stabilabb a pályával rendelkeznek. Ez az, amiért a huzagolásokat csavart vonalúakra tervezték, hogy a lőszer ezen megvezetődve elindítsa a lőszer saját tengelye körüli forgását.

Két fajta csavart vonalú huzagolás létezik, attól függően, hogy a huzagolás menetemelkedése egyenletes vagy emelkedő szögű. Az emelkedő szögű menetemelkedéssel rendelkező kísérleti fegyvercsövekkel való tüzelés mindig kedvezőbb eredménnyel zárult, melynek oka, hogy a lőszer tengely körüli forgó mozgása fokozatosan gyorsulóvá vált, melynek eredménye az lett, hogy

a nagyobb tengely körüli forgási sebesség nagyobb stabilitást biztosított a lőszernek. A fokozott stabilitás pedig pontosabb találati valószínűséget biztosított. Természetesen az ilyen típusú huzagok készítése nagyon bonyolult volt gyártás technológiai szempontból, és mindezek mellett még a gyártási költsége is magasabb lett. Ezért a gyakorlatban az állandó menetemelkedésű huzagolási profilt alkalmazzák.

5.1.2. Zárszerkezetek

A lövés csak akkor indulhat meg, ha fegyvercső töltényűr felöli részét a zárszerkezet lezárja. A zárszerkezetnek azonban nem csak ez a feladata, hanem más műveletek végrehajtását is segíti, és hozzájárul az újratöltés gyors és megbízható végrehajtásához. Rendeltetése, hogy a lövés időtartamára a töltényűrt biztonságosan lezárja (reteszjelje), az üres hüvelyt kihúzza a töltényűrből, illetve az újabb lőszer töltényűrbe tolása. Fontos feladata még, hogy a lövés kiváltását kizárja, ha nem jött létre a tökéletes reteszelés. Vezérli az ütő- és elsütő szerkezetet, valamint a töltényszámláló és tűzkész-helyzetjelző berendezések működtetésében vesz részt.

A zárszerkezetek feloszthatóak mozgásuk jellege és reteszelésük módja szerint. A mozgásuk jellege szerint lehet csúszózárás vagy himbazárás megoldású. A csúszózárás megoldású zárszerkezet kireteszelés után csőtengely irányú kényszerpályán csúszó mozgást végez előre és hátra. Közben részt vesz az üres hüvely kihúzásában, kivetésében, valamint az új töltény süllyesztésének és töltényűrbe tolásának műveletében. A himbazárás megoldásnál a zár a csőtengely irányára merőleges mozgást végez, és általában nem vesz részt az újratöltés műveleteinek végrehajtásában. A himbazárások nem terjedtek el repülő-fedélzeti fegyvereken nagy méretük miatt.

A zárszerkezet reteszelése szerint lehet „merek” vagy „súlyzárás”. A „súlyzárás”-ok nem terjedtek el repülő-fedélzeti fegyvereknél, ellentétben a „merek” zárasokkal, melyek kis mérete és tömege miatt jól alkalmazhatóak. Nem utolsó sorban a lövés időtartamára megbízhatóan merev reteszelést biztosít.

A „merek” reteszelésű zárszerkezetek többféle szerkezeti megoldással valósítható meg.

A csuklós reteszelés lényege, hogy a zár merev rögzítése, vagyis a cső lezárása, egy csuklós szerkezettel történik, a lövés ideje alatt. Nagy méretük miatt nem terjedtek el repülő-fedélzeti lőfegyverekben.

Az ék reteszelés lényege, hogy a zárat valamilyen ék vagy retesz a lövés időtartamára mereven rögzíti, amikor a zár a tölténytolást befejezte és megállt. Előnye, hogy a reteszelés szilárd és megbízható, hátránya viszont, hogy a reteszelés csak álló zárnál kezdődhet és a reteszelés nem szimmetrikus, minek következtében a reteszelő elemekre egyenlőtlenül nagy erők hatnak.

A billenőzárás reteszelés során a mellső helyzetébe érkezett zár felütközik a csőfarban és megáll. A zárvezető tovább siklik előre és a zárvezető ferde kényszerpályája felemeli egy meghatározott szöggel a zár hátsó részét, egészen a tok reteszelő fészkébe, amikor is megtörténik a bereteszelés.

A forgózárás reteszelésnél a zár két részből áll, a zárfejből és a zárvezetőből. A reteszelés oly módon történik, hogy a zárfej kényszerpályák segítségével elfordul egy meghatározott szöggel, amivel lezárja a töltényűrt. Ilyen típusú reteszelést elsősorban rövid csőhátrasiklásos fegyvereknél alkalmaznak.

5.1.3. Adogatószerkezetek

A fegyvercső töltényekkel való folyamatos ellátását az adogató szerkezet teszi lehetővé, mindamelllett az újratöltés műveleteinek gyors és pontos végrehajtását is végzi, gyakran más szerkezetekkel együttműködve.

A fegyvercső tölténnyel való táplálása több műveletből áll. Első a töltény zárba adogatása, a második a töltény vezetése a töltényűrbe tolás során, a harmadik és egyben utolsó az üres hüvely kihúzása, kivetése és megvezetése.

Az adogatószerkezetek kialakítása és a töltényadogatás módja a lőfegyver működési elvéhez igazodik. Ily módon megkülönböztetünk a lőporgázok energiáját felhasználó, valamint külső energiát felhasználó adogató szerkezeteket.

A szán-rendszerű adogató rendszerek a lőporgázok energiáját használják fel, méghozzá oly módon, hogy az adogatószán a zár mozgásának irányával me-
rőleges irányban mozog, és ezen mozgása közben végzi a töltényheveder be-
húzását az adogatószerkezetbe. A szán-rendszerű adogatószerkezetek két
különálló csoportra oszthatók, a gázelvezetéses-gázdugattyús, valamint a
csőhátrasiklás elvén működőkre.

A csillag-rendszerű adogató lényege az, hogy a töltényheveder szakaszos
mozgását egy forgómozgású adogatócsillag végzi, melynek szakaszos forga-
tását a gázdugattyú lineáris mozgását átalakító szerkezet végzi. Ilyen például
a GS-23-as gépágyú adogató szerkezete.

A külső energiát felhasználó adogatószerkezetek működése a nevükből
adódóan külső meghajtással történnek vagy teljes egészében, vagy csak rész-
ben. Ezek az adogatószerkezetek három további csoportra oszthatóak: rugós
táruk, kényszerhajtások és kombinált típusú. Rugós tárukat csak kis űrméretű
(7-14 mm) lőfegyvereknél alkalmaznak, mert erősen korlátozza a
lőszerjavadalmazás mennyiségét. Kényszerhajtásokat általában a külső meg-
hajtással rendelkező többcsövű gépágyúk használnak, ily módon ezek lehet-
nek pneumatikus, hidraulikus, vagy elektromotorosok. A kombinált típusú
adogatószerkezeteket is többcsövű lőfegyvereknél alkalmazzák. Ahogy a neve
is mutatja, működéséhez a lőporgázok energiáján kívül más külső energiákat
is felhasználnak a töltényadogatáshoz.

5.1.4. Elsütő- és ütőszerkezetek

A lövés tényleges kiváltását ezek a szerkezetek végzik, melyek feladata a töl-
tény csappantyújának indítása. A tűzvezérlés feladatait távvezérelt elsütő- és
ütőszerkezetek végzik a repülő-fedélzeti lőfegyvereknél. A tűzvezérlés műve-
lete magába foglalja a tűzkiváltás, a tűzmegszakítás, valamint a tűzkiváltás
műveletinek szinkronizálását.

Az elsütőszerkezetek az ütőszerkezet vezérlésével közvetve váltják ki a lö-
vést, kivéve az elektromos impulzussal közvetlenül a csappantyú indítását
végzők. A velük szemben támasztott követelmények, hogy legyenek elektro-

mosan távvezérelhetők, a vezérlő feszültség legyen kis ($U < 18 \text{ V}$) értékű, működésük legyen gyors és megbízható, zárják ki a véletlen lövés bekövetkezését, valamint hogy működésüket ne befolyásolják a hőingadozások, és a manőverekből származó túlterhelések.

Az ütőszerkezetek a lőfegyverek olyan szerkezeti egységei, amelyek a lövést közvetlen mechanikai munkával váltják ki. Ezen szerkezetek a működésükhöz szükséges energiát vagy megfeszített rugóktól, vagy a zárszerkezet mozgásenergiájából nyerik. A velük szemben támasztott követelmények, hogy megbízhatóan végezzék a csappantyú indítását, az ütéshez tárolt energia minden körülmények között elegendő értékű maradjon, zárja ki a reteszellenes zárnál a lövés kiváltását, valamint, hogy a csappantyúval érintkező ütőszeg nagy szilárdságú, hőterheléseket jól tűrő anyagból készüljön. [1][2]

5.2. A repülő-fedélzeti lőfegyverek kisegítő szerkezeti egységei

A kisegítő szerkezetek a műveleti ciklus megvalósításában csak a fékező, gyorsító, előkészítő vagy kisegítő műveletek végrehajtásában vesznek részt.

5.2.1. Ismétlőszerkezetek

A fedélzeti lőfegyverek töltését, tűzkész-helyzetbe hozását, akadály elhárításának kísérletét végrehajtó szerkezeteket nevezzük ismétlőszerkezeteknek. A fedélzeti lőfegyvereket általában nem szokták repülés előtt tüzelésre kész állapotba hozni, mert a véletlen tűzkiváltás komoly baleseteket okozhat, ezért kell a lőfegyverekre távvezérelhető ismétlőszerkezeteket tervezni és építeni. Két fajtája terjedt el, az elektropneumatikus és a pirotechnikai ismétlőszerkezet.

Az elektropneumatikus lényege, hogy a lőfegyver automatikáját távvezérelt sűrített levegővel kényszerítjük működésre, melynek előnye, hogy a repülőgépen mindig adott a sűrített levegő és szerkezetük egyszerű. Hátrányuk, hogy méreteik jelentősek, és a légdugattyúk tömítései gyorsan elkopnak, ezért akadályok forrásaivá válnak.

A pirotechnikai ismétlőszerkezeteknél a lőfegyver automatikája piropatronok lőportöltetének elégetéséből nyeri az energiát. Szerkezete kor-

szerűbb, alkalmazása előnyösebb az elektropneumatikusénál. Méreteit tekintve kisebb, működése és távvezérelhetősége megbízhatóbb. Hátrányos tulajdonsága abból adódik, hogy a dugattyú az alkatrészek mozgatásához szükséges energiát ütéssel adja át, ami igen nagy igénybevételt jelent az alkatrészek számára, ezért a piroismérlések száma korlátozott.

5.2.2. Gyorsító és lassító szerkezetek

Ahhoz, hogy az egycsőű fedélzeti lőfegyverek tűzgyorsaságát növelni tudják, a fejlesztők egy a zár mozgását elősegítő szerkezetet fejlesztettek ki. Az ilyen szerkezetek alkalmazása a ciklusidőt ugyan csökkenti, de a zár és a töltény szempontjából nem túl előnyös, mert ha a gyorsítás és a lassítás mértéke túlságosan nagy, akkor ezen mozgások a töltény vagy hüvely deformálódásához, illetve az alkatrészek úgynevezett felverődéséhez vezethetnek.

Az ilyen előresiklás-gyorsítók szerkezetileg kétkarú emelő elvén működnek, melynek lényege az, hogy a mellső helyzetbe érkező zárhüvely felszabadítja a zárat, mellyel egyidőben a zárhüvely ütést mér az előresiklás-gyorsító szerkezetre, amely ezt átadja a már felszabadított zárnak. Ettől az ütéstől fog a zár előresiklása felgyorsulni, és a műveleti idő jelentősen csökkenni.

5.2.3. Energiatárolók és fékek

Az automata lőfegyverek működtetéséhez folyamatos energiára van szükség, de a lövés során a felszabaduló lőporgázok csak egy rövid ideig fejtik ki a hatásukat a csőben, ezért energiatárolókra van szükség. Az ilyen szerkezetek legtöbbször rugók, vagy a lőporgázok energiáját tároló és átalakító berendezések.

Az energiatárolásra alkalmas rugók összenyomáskor elnyelik, kirugózáskor pedig visszaszolgáltatják az energiát, de ez történhet fordítva is. A mozgás milyenségétől függően lehetnek a rugók hengeres csavar-rugók, melyek nyomásra és húzásra alkalmaznak, vagy lemez-rugók, melyeket hajlításoknál szoktak igénybe venni. Kimondottan energiatárolásra kisebb keresztmetszetű és több százból sodort, úgynevezett pázsmarugókat szoktak alkalmazni. Nagyobb energiák tárolására téglalap keresztmetszetű erősebb rugókat al-

kalmaznak, nagy merevségük miatt. Emiatt ezek a szerkezetek csak részben energiatároló, mind inkább fékező berendezések.

Az energiatárolás megoldásának egy másik útja, ha úgynevezett gázhelyretoló-berendezést alkalmaznak, melynek mind a mérete, mind a tömege kisebb, mint a rugóké. A berendezés működési elve az, hogy a lövést követően, mikor már a lövedék túljutott a cső megfűrt részén, a gázfuratokon keresztül a gázok betódulnak a gázhenger zárt terébe. Amikor a dugattyú nekiütközik a csőre szerelt anyának, a gázok összenyomódnak, és ezáltal lefékezik a hátrasiklást, ugyanakkor energiát halmoz fel. Miután a dugattyú a cső mellső helyzetbe tolását elvégezte, a gázok légtelenítő furatokon át távoznak a hengerből. Látható tehát, hogy a gázhelyretoló-berendezés, vagy más néven gázfék, mint energiatároló is működik.

A fékező berendezésekre azért van szükség, mert a lövés során keletkező hátralökő-erőt fel kell emészteni, hogy ne adódhasson át a repülőgép sárkány-szerkezetére ütés formájában. Rövid-csőhátrasiklású fegyvereknél gyakran a cső hátra- és előresiklásának fékezésére is szükség van. Fékezésre gyakran használnak rugókat, folyadékfékeket és csőszájfékeket.

A mozgásenergiák csillapítása történhet rugók segítségével, vagy folyadékfékek által. Folyadékfékeket leggyakrabban rövid-csőhátrasiklású fegyvereknél alkalmaznak, melyek a felesleges mozgásokat hőenergiává alakítják, ezáltal növelik a fegyverek élettartamát és megbízhatóbbá teszik működésüket. Előnyük a kis méretek és az intenzív fékező energia, hátrányuk, hogy a tömítések gyorsan elkophatnak, ami folyadékszivárgáshoz és gyorsabb alkatrész-elhasználódáshoz vezet.

Repülő-fedélzeti lőfegyvereknél nagyon ritkán használatos az úgynevezett csőszájfék, melynek oka az, hogy a repülőgép borítása alatt elhelyezett lőfegyvereknél előnytelen a lőporgázokat a borítás alá kiengedni, mivel a magas hőmérsékletű gázok korrózió keltő hatása igen jelentős. [1][2]

6. A REPÜLŐ-FEDÉLZETI HUZAGOLT FEGYVEREK FEJLESZTHETŐSÉGE

Az elmúlt évtizedekben a katonai tapasztalatok azt mutatják, hogy bár a célok megsemmisítése jórészt nagy távolságokon zajlik, a fedélzeti-lőfegyverek jelentősége nem csökkent. Igaz, hogy alkalmazásuk elsődlegesen önvédelmi jellegű, de akadnak még szárazföldi egységeket támogatóak (például: A-10-es repülőgépen a GAU-8A „Avenger”). Jelentőségük főleg a manőverező légiharc során van, amikor már a közel-légiharc rakéták hatótávján belül van az elleneség gép.

Bár a kutatások és fejlesztések szinte csak katonai jellegűek, ezért kevés a hiteles információ a különböző fejlesztésekről, mivel ezek katonai titkokat képeznek. Ami biztos, hogy a kutatások a többcsövű fegyvereknél már meglévő elvek tökéletesítésére, a fegyver tömegének és méretének csökkentésére, illetve tűzgyorsaságának növelésére irányulnak. [1][2]

6.1. Többcsövű-soktöltényűrű lőfegyverek

A fejlesztések során a kutatók arra az eredményre jutottak, hogy a többcsövű fegyvereknél, ha tovább növelik a csőszám többszörösére, amely lehet három, vagy akár tízszeres is, akkor a tűzgyorsaság jelentősen megnövelhető. A csőblokk mögött a töltényűrök egy végtelenített szalagban vannak, ami a csőblokkal együtt és azzal azonos sebességgel forog. A forgatás és a tűzgyorsaság maximális értékét az határozza meg, hogy a lövés műveletei milyen gyorsan fejeződnek be, vagyis a töltényűr és a cső szétválásáig mennyi idő telik el.

Az egész szerkezet (a csőblokk és a töltényűrszalag) mozgatását és forgatását csak külső kényszerhajtással működő szerkezet képes végrehajtani. Ami viszont magával vonja a bonyolult adogatószerkezetet, mivel csak ez tudja üzembiztosan végrehajtani a hüvelyürítési és tölténytolási feladatokat. Az ilyen típusú fegyverekkel végzett kísérletek során a fejlesztők képesek voltak 10-12 ezer lövés/perces tűzgyorsaságot produkálni.

A kísérletek feltárták a fegyverek hátrányos tulajdonságait, amik a nagy méretek és tömeg, szerkezetük bonyolult, nem kielégítő a csövek és a töltényűrök tömítése, és csak nagy energiaráfordítással működtethetőek. Éppen ezért repülőgép fedélzetére nem kerültek beépítésre, és nem is terjedtek el a gyakorlatban sem. [1]

6.2. Többcsövű-hüvelytöltényűrű lőfegyverek

Egy másik fajta megoldás a tűzgyorsaság növelésére, ha a töltényhüvely falát megvastagítják úgy, hogy az még képes legyen elviselni a lőporgázok nyomását maradandó deformáció nélkül. Ezáltal a töltényűr feleslegessé válna, mert a hüvely töltené be a szerepét. Ezeket a lőszerket egy hajlékony hevederbe raknák és a csőblokk mögött lenne elhelyezve. A megvastagított hüvelyfal miatt az újratöltés műveleteire pedig nem lenne szükség. A lőfegyvernél a csőblokk és a heveder mozgását kell szinkronba hozni és azonos sebességgel forgatni, így a lövést mindig akkor lehetne kiváltani, ha cső és a hüvelytöltényűr egybeesik. Így a tűzgyorsaság szinte csak a csőblokk forgási sebességétől függ. Elektromos csappantyú használatával igen rövid idő alatt megvalósítható lenne az elsütés művelete.

Hátrányos tulajdonsága, hogy a hüvely megvastagításával a lőszer tömege a hétszeresére nő, ami miatt a töltényheveder nagy sebességű mozgatása igen nehézkesé válik. Mindamellet az ilyen lőszer gyártása nagyon drága, és a hevedert mozgató szerkezet csak külső energiaforrással képes működni, ami tovább bonyolítja szerkezeti felépítését. [1]

6.3. Többcsövű-hüvely nélküli lőfegyverek

Mint az a neve is mutatja a fejlődés egy másik irányba is folyik, éppen ellentétesen a hüvelytöltényűrű lőfegyverekkel. A fegyvertervezők már régóta kísérleteznek hüvely nélküli lőszer előállításával, melynek oka az, hogy a hüvely az egész lőszer tömegének körülbelül a 30%-át teszi ki. Ha ezt a tömeget helyettesíteni lehetne a lövedék, a lőpor tömegével, akkor a repülőgép 30%-kal nagyobb lőszerjavadalmazást vihetne magával. Ennek érdekében folynak

kutatások az olyan műanyag hüvelyű lőszer előállítására, amelynél a lövés bekövetkeztekor a lőporral együtt a hüvely is elégne. Sajnos a nagyobb tömegű lőszerknél a műanyag hüvely nem elég szilárd, hogy elviselje a gyorsulásokat, mindamellett nem rögzít kellően, ezért törik vagy deformálódik.

Amerikai szakemberek kifejlesztettek egy olyan négycsövű-hüvely nélküli gépágyút, amelynek az új lőszer adagolási eljárása a következő. Először a lövedéket betolják a töltényűrbe, majd miután ezt lezárták, a tüzelőanyagot és az oxidálószer folyékony állapotban adagolják be szivattyúk segítségével. Ezután történik meg a lövés kiváltása elektromos gyújtással. A két komponensű folyékony anyag egyike nitroamin csoportú tolóhatású tüzelőanyag, a másik pedig salétromsavas oxidálószerből áll, melyek egyesítésük előtt külön-külön nem robbanásveszélyesek, így könnyen kezelhetőek. Előnye még, hogy a két komponens keverékének energiatartalma nagy, égési hőmérséklete viszonylag alacsony, és a fegyvercsőben tökéletesen elég. Az alacsony égési hőmérséklet előnye, hogy növeli a cső élettartamát.

Tűzgyorsasága a kísérleti gépágyúval 4000 lövés percenként, ami még tovább növelhető. Hátránya, hogy ugyan a tömege lecsökkent, de a méretei megnöttek a hajtóanyag és az oxidálószer tartályai miatt. Bár állításuk szerint a méreteket lehet tovább csökkenteni a tömegével együtt. [1]

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Zsilák András mk. alez.: Repülőgép-fedélzeti lőfegyverek (598/224), 1984.
- [2] Dr. (PhD) Farkas Tivadar: Lőfegyverek rendszertana I.-II. BJKMFK Nyomda
- [3] Robert L. O'Connell: A kard lelke Kinizsi Nyomda Kft., 2002.
- [4] Bill Gunston: Korszerű harci repülőgépek fegyverzete Zrínyi Kiadó, 1995.
- [5] Katonai Lexikon Zrínyi Katonai Kiadó, 1985.
- [6] Herman Ottó Múzeum – A számszerű (elektronikus dok.)
url:http://www.hermuz.hu/kephtm/tort_1.htm
- [7] Wikipedia The Free Encyclopedia – Hand cannon from Yuan-dinasty (elektronikus dok.) url: http://www.snagsby.com/wikis/wikipedia.php?title=Image:Yuan_chinese_gun.jpg
- [8] Wikipedia The Free Encyclopedia – Bombarda (elektronikus dok.) url: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Malbork_-_Bombarda.JPG
- [9] Answers.com – Hand cannons (elektronikus dok.) url: <http://www.answers.com/topic/hand-cannon>
- [10] Birmingham Stories – A decorated pistol (elektronikus dok.)
url:http://www.birminghamstories.co.uk/story_page.php?id=10&type=fo&page=4&now=228
- [11] Patent Pending Blog – Patents and the History of Technology – Ferguson-rifle (elektronikus dok.) url:http://patentpending.blogs.com/patent_pending_blog/2004/11/the_british_sec_1.html
- [12] Weaponry of 1860 ~ 1865 Corps. – Spencer-rifle (elektronikus dok.)
url:<http://scard.buffnet.net/pages/signal/signalpages/weapons.html>
- [13] Aviation.ru – GS-23 (elektronikus dok.) url:
<http://www.aviation.ru/gun/GSh-30-2.jpg>
- [14] Wikipedia The Free Encyclopedia – JakB-12,7 (elektronikus dokumentum) url: <http://hu.wikipedia.org/wiki/JakB%E2%80%9312,7>
- [15] Military.cz – GAU-8 Avenger (elektronikus dokumentum) url:
<http://hu.wikipedia.org/wiki/JakB%E2%80%9312,7>