

Végvári Zsolt*

A harckocsik védelmének fejlődése a páncélelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése I. rész

BEVEZETÉS

Napjainkban többen is a harckocsik jelentőségének csökkenését jósolják [3.]. Technológiai téren elsősorban a légi-erő és a korszerű páncéltörő rakétafegyverek elterjedése miatt valószínűsítik, hogy a harckocsik nem képesek többé betölteni a funkciójukat, míg az alkalmazás terén az aszimmetrikus hadviselés miatt gondolják, hogy a harckocsi nem alkalmas a gerilla-alakulatok elleni hatékony tevékenységre [4.]. Az is tény, hogy számos NATO-tagállam, köztük Magyarország is (a többi haderőnemben végbement leépítés-

1. ábra. Egy grafikus ábrázolás az APS működéséről



sel párhuzamosan) jelentősen csökkentette a páncélosaink számát az utóbbi időben [4.]. Azonban feltételezhető, hogy az ilyen lépések mögött a békeidőben óhatatlan költségcsökkentési megfontolások állnak csupán, és valójában egyetlen korszerű hadsereg sem engedheti meg magának a harckocsik teljes mellőzését.

Ennek igazolására figyelembe kell venni, hogy az elmúlt 30 év valamennyi jelentősebb fegyveres konfliktusában részt vettek a harckocsik. A teljesség igénye nélkül gondoljunk csak a következő helyszínekre: Afganisztán, Irak, Cseccsenföld, Grúzia, Ukrajna, ex-Jugoszlávia, Izrael. Mindenütt nagy számban alkalmaztak harckocsikat. Az is nyilvánvaló, hogy a győztes (vagy legalábbis a sikeresebb) fél számos egyéb tényezőnek is köszönhette a sikerét, de céljai eléréséhez a harckocsizó alakulatainak fölénye is minden esetben jelentősen hozzájárult. A harckocsik tehát valószínűleg még jó ideig a csataterék meghatározó szereplői lesznek, és ezt az is alátámasztja, hogy mind a harckocsi, mind az ellenük való védekezést szolgáló fegyverek fejlesztései súlyponti részét képezik a katonai kutatásoknak.

A PÁNCÉLELHÁRÍTÁS FEJLŐDÉSE ÉS A HARCKOCNIK HAGYOMÁNYOS PASSZÍV VÉDELMEK VÁLTOZÁSA

A PÁNCÉLTÖRŐ TÜZÉRSÉG MEGJELENÉSE

Amikor a harckocsik első alkalommal dübörögtek át a harcmezőn, nem csak az vált nyilvánvalóvá, hogy a kézi fegyverek tüze nem sok kárt tud bennük tenni, de nehéz helyzetbe került a tüzérség is. Az első világháború kezde-

ÖSSZEFOGLALÁS: A harckocsik elsődleges célpontjai az ellenséges gyalogságnak, tüzérségnek, légi-erőnek, valamint az ellenséges harckocsiknak is. A harckocsik védelmére manapság már nem elég a pusztán acél. Mivel a harckocsik egyik fő erénye a mozgékonyaság, a páncélvastagság növelése nem lehetséges egy határon túl – a katonai fejlesztésnek új utakat kell keresnie. Mivel léteznek olyan páncéltörő eszközök, amelyek szinte bármilyen vastag homogén páncélt képesek átütni, logikus lépés az olyan eszközök létrehozása, amelyek meggátolják az ellenséges lövedékeket abban, hogy elérjék a páncéltestet. Erre szolgáltak korábban a passzív előtek és a reaktív páncéltörők, de mára már ezek sem jelentenek kielégítő védelmet. A védelem következő lépése az aktív ellentevékenységet végző eszközöké, az aktív védelmi rendszereké (APS).

KULCSSZAVAK: korszerű páncélozott eszközök védelme, aktív védelmi rendszerek

ABSTRACT: Tanks are the primary targets of enemy infantry, artillery, and air forces even enemy tanks. In this context it is no wonder that nowadays simple steel is not enough for the protection of tanks. Because of the mobility is one of the main advantage of tanks, increasing of armor thickness is not possible over a point - the military development has to look for new ways. Because there are armor-piercing instruments that can penetrate almost any size homogeneous armor, the logical step is to create devices in order to stop hostile projectile before it reaches the body of tanks. Previously additional passive and reactive armors were used for that, but now they are no longer a sufficient protection. The next step is for the kind of protection of assets that engaged in active countermeasures. These are the APS-s, active protection systems.

KEY WORDS: protection of modern armoured vehicles, active protection systems

* Okl. mk. alezredes, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz hallgató, vegvari.zsolt@hm.gov.hu
ORCID: 0000-0003-2543-6049



2. ábra. Az ukrajnai harcok során kilőtt T-64-es a reaktív páncélzat jellegzetes tégláival

tén a tüzérség az ellenséges védművek és a gyalogság pusztítására alkalmas lőszerrel, repesz-romboló gránátokkal tüzelt [6., 18. o.], méghozzá elég nagy távolságból, hogy az ellenséges tüzérségi tűz őket lehetőleg már ne érhesse el. Miután a harckocsik kezelőszemélyzete biztonságban volt a gránátok repeszhatásától is, így igazából csak egy kellően nagy űrméretű fegyverből leadott közvetlen találat volt képes biztosan elpusztítani őket, amihez viszont az ágyúkat előre kellett vonni az első vonalba.

Bár a tábori tüzérség nagy űrméretű lövegei bőven rendelkeztek a szükséges tüzerővel, nem voltak közvetlen irányzású tüzelésre alkalmasak, az első vonalban méretük-nél fogva egyébként is könnyű célpontot jelentettek volna, ezért megjelentek a speciális páncéltörő ágyúk, és a gyalogság soraiban harcoló páncéltörő tüzérség. Ezek a viszonylag kis űrméretű (37–57 mm-es) könnyű ágyúk kezdetben tömör acéllövedéket lőttek ki. Az ilyen ágyúk kaliberhossza, vagyis az ágyúcső űrméretéhez viszonyított hossza, a minél nagyobb torkolati sebesség elérése érdekében szokatlanul nagy volt. Ennek oka, hogy a páncéltörő képességet tulajdonképpen a lövedék mozgási energiája biztosította, ami viszont a sebesség négyzetével arányos ($E = \frac{1}{2}mv^2$). Mivel a kilőtt lövedék a légellenállás miatt veszített a sebességéből, a minél nagyobb hatásos lőtávolság elérése érdekében fontos volt a lehető legnagyobb torkolati sebesség biztosítása. [6., 22. o.]

A harmincas években jelent meg a harckocsikon a döntött páncél, amelyik sokat rontott a hagyományos kúp alakú páncéltörő lövedékek hatékonyságán. Egyrészt a nem merőlegesen becsapódó lövedéknek a páncéllemez tényleges vastagságánál nagyobb páncélréteget kellett átütnie, másrészt egy bizonyos szög alatt érkező lövedékek egyszerűen lepattantak arról. A megoldás a kúpos alakú páncéltörő lövedékre húzott, puhább anyagból készült tompa csúcs volt. Az ilyen lövedék becsapódásakor az elkenődő puha köpeny közel merőleges irányba forgatta a keményfém csúcsot, amely így már képes volt átadni a mozgási energiáját a páncélnak. Az ilyen lövedékek na-

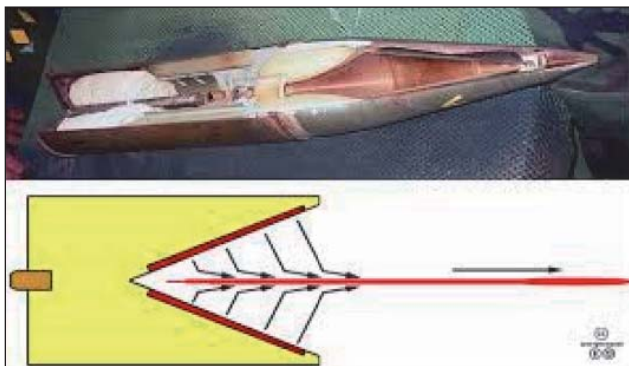
gyobb távolságban viszont már csak viszonylag szerényebb méretű páncélréteget voltak képesek átütni, mivel a tompa felület nagyobb légellenállást okozott (csökkentve a mozgási energiát), valamint a csúcs „elkenődése” is energiavesztéssel járt [6., 24. o.]

FEJLŐDÉS A II. VILÁGHÁBORÚ ALATT

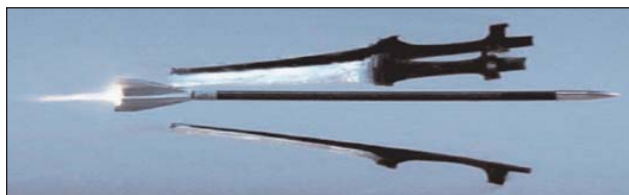
A második világháború kezdetéig lényegében nem sokat változott a technológia. Mivel akkoriban dinamikusan nőtt az alkalmazott Otto-motorok fajlagos teljesítménye, az újabb harckocsik képesek voltak jelentősebb páncéltömeget mozgatni, anélkül, hogy ez a mozgékonyabb rovására ment volna. A páncéltörő tüzérség nagyobb űrméretű ágyúkkal és erősebb indító robbanóanyagok alkalmazásával válaszolt, de a II. világháború során időlegesen így is jelentős hátrányba került a harckocsik robbanásszerű fejlődése következtében. Ez a fejlődés részben a kevésbé gyűlékony üzemanyagú dízelmotorok alkalmazásában is jelentkezett (korábban a nem végzetes találatot kapott harckocsik sok esetben a benzinmotor kigyulladására miatt semmisültek meg), részben sokat javult a páncélok vastagsága és minősége is. A szegecselt lemezek helyét átvették a hegesztett síklemezek, majd a homogén acélöntvény-páncélatok.

Már a háború elején is létezett olyan nehéz harckocsi (a szovjet KV-1-es), amelyik 100 mm-t meghaladó homlok- és toronypáncéllal rendelkezett, ráadásul nem is szegeccseléssel, hanem a lényegesen ellenállóbb öntvény technológiával készült [7., 82. o.], amely ellen az akkoriban általánosan használt 57 mm-es páncéltörő ágyúknak igen csekély esélyük volt. A háború folyamán azután az egyre vastagabb páncélatot hordozó nehéz harckocsik tényérése miatt rohamosan terjedtek a nagyobb űrméretű, 75–76 mm-es, vagy még ennél is nagyobb páncéltörő ágyúk. Ezek viszont már jelentős tömeggel bírtak, vontatásuk nehézsége, irányzásuk lassúvá vált, ezért egyre gyak-





3. ábra. A kumulatív lőszer felépítése és a kumulatív sugár képződése



4. ábra. Űrméret alatti páncéltörő lövedék. Jól látszik a lövés után leváló „űrméretes” rész

rabban alkalmazták őket önjáró alvázon. A háború legvégére már a legerősebb nehéz harckocsik is 120–122 mm űrméretű ágyúkat hordoztak [7., 88–90. o.], hogy hatékonyan tudják egymást támadni, amelyek viszont igen jelentős terhet róttak a szerkezetre, nagyban korlátozták a mozgékonyt, továbbá kevesebb lőszerrel is lehetett hozzájuk készletezni.

A páncéltörő technológia egyik válasza a kumulatív lövedék volt. Az elvet, hogy az üregesen kiképzett robbanóanyag képes fókuszálni a robbanás energiáját, már a 19. században is ismerték, de hadi felhasználása csak a múlt század '40-es éveitől dokumentált. Az üregesen kiképzett robbanóanyag robbanásakor keletkező lökeshullámok megfelelő geometriai méretezés mellett erősítik egymást, így olyan nyomás jön létre, amelyik a páncéllemezt képlékenyen teszi [6., 36. o.]. A hatás fokozható, ha a fókuszba valamilyen betétanyagot, pl. rezet helyeznek. Ez a kumulatív robbanás hatására több ezer fokos olvadt fémmel kepez (kumulatív sugár), ami akár több száz mm-es homogén páncélon is képes áthatolni. További előnyös tulajdonsága a kumulatív töltetnek, hogy a páncéltörő képessége nem függ a távolságtól, így a páncéltörő tüzérség hatótávolsága jelentősen (lényegében a teljes lőtávolságig) kitolódott általa. Érdekesség, hogy mivel a kumulatív töltet tömege viszonylag csekély, a gyalogság is hatékony páncélelhárító közelharc fegyverekhez jutott a kumulatív gránátok, puszkagránátok, majd az első rakéta-páncéltörő gránátok által [6., 42–46. o.].

A második világháborús páncéltörő technika másik újonsága, az űrméret alatti lövedék. Ez a hagyományos lövedékekhez hasonlóan a mozgási energiájával képes pusztító hatást kifejteni, de a már korábban említett, a kinetikus energia mennyiségét meghatározó $E = \frac{1}{2}mv^2$ képletet tudományosan alkalmazza. Mivel a lövedék tömegének megkétszerezése csak megkétszerezi az energiát, de a sebesség kétszerezése megsokszorozza azt, a torkolati energia jobban hasznosul, ha egy kisebb tömeget gyorsítunk általa nagyobb sebességre. A legelső ilyen lövedékek egy rendkívül kemény, űrméret alatti wolframkarbid magot, és egy űrméretes, könnyű és puha köpenyt kaptak, amelyik

megoldotta a mag optimális becsapódási szögbe történő állítását is. A jelentős páncéltörő képesség viszont a lövedék kedvezőtlen ballisztikai tulajdonságai miatt csak kis távolságon jelentkezett. Ezen segítettek később a hidegháború idején megjelenő az ún. leváló köpenyek, amelyeknél az űrméretes rész rögtön a lövés után levált a magról [6., 52–54. o.].

TECHNIKAI VÁLTOZÁSOK A II. VILÁGHÁBORÚ UTÁN

Az 1960-as évekre a páncéltörő fegyverek ismételen előnyre tettek szert. A kumulatív töltetek hatásosságát már a II. világháború alatt felismerték, de a töltetek célba juttatására alkalmas eszközök képességei akkoriban még eléggé korlátozottak voltak. Ezen jelentősen változtatott a rakétatechnika és a vezérlő-elektronika fejlődése. Először a vezetékes irányítású, majd a rádió-parancsvezérléses páncéltörő rakéták jelentek meg, majd a félaktív és aktív önrá vezetésre képes fegyverek is [6., 52. o.]. Mivel kumulatív lőszerrel a teljes lőtávolságon gyakorlatilag bármekkora harckocsipáncél-vastagság átütése megoldható, nem volt értelme a továbbiakban pusztán ezzel a módszerrel megpróbálni a harckocsik védelmét fokozni. Ez az út már csak azért sem volt járható, mert erre az időszakra a dugattyús motorokban rejlő fejlesztési tartalékok radikálisan lecsökkentek, így a páncéltörő növekedéséből adódó mozgékonyt-csökkenést már nem tudták a nagyobb teljesítményű motorokkal kompenzálni. Igazság szerint akkora méretben, ami még nem teszi lehetetlenné a harckocsik közötti és vasúti szállítását, még jelenleg sem nagyon létezik 1500 lóerőnél nagyobb teljesítményű hatékony (kedvező tömeg-teljesítmény-térfogat arányú) dugattyús harckocsi-erőforrás [8., 176–178. o.]. Ahogy az az első öbölháborúban is megfigyelhető volt, gázturbináknál komoly logisztikai nehézségeket okozhat a jelentős tüzelőanyag-felhasználás.

Történelmük során először vált tehát szükségessé a harckocsik védelmének jelentős újragondolása, és valamilyen szokatlan, új módszer kitalálása. Az első ilyen kísérlet az ún. „kötény” vagy előtétpáncélzat alkalmazása a kumulatív lőszerrel azon elvére épít, hogy maga a kumulatív sugár véges hosszúságú. Tehát ha sikerülne elérni, hogy a töltet a páncéltörő előtt robbanjon néhány 10 cm-rel, akkor az már nem lenne képes átútni a teljes páncélteveget [9., 44. o.]. Maga az elv nem annyira új, a II. világháborúban viszonylag gyakran alkalmazták ezt a módszert a gyorsan avuló harckocsik alkalmazhatóságának meghosszabbítására. A módszer iskolapéldája a magyar 44M „nehéz” Turán harckocsi. Ugyanakkor változatlan motorteljesítmény mellett ez legalább 10%-kal növelte a volna harckocsi harci tömegét, így lényegében teljesen megbénítva az

5. ábra. Panzer IV-es kiegészítő páncélzattal az előtérben, és hátul, páncélzat nélkül





6. ábra. T-14 Armata harckocsi a 2015-ös díszszemlén

egyébként is elavult eszközt [2., 160. o.]. Ezt a típust végül nem is rendszeresítették, de a német Panzer IV-eseket pl. viszonylag nagy számban korszerűsítették ilyen módon, így a szintén elavult konstrukciót a háború végéig tudták alkalmazni. Szükség is volt a teljes oldalkötényzetre, ami javította a védettséget, főleg a háború vége felé az amerikai M1–M25 páncéltörő rakétavető-család (közkeletű nevén Bazooka) M6/M7 típusú rakétagránátja ellen. A már említett tömegnövekedésen kívül az előtétek megnövelik a harckocsi befoglaló méreteit. A fenti nehézségek miatt napjainkban sem minden esetben használják ezt az eljárást, de az új harckocsik mellett a több évtizedes típusok üzemidejének kitolására nem egy esetben szerelnek fel ilyen elemeket a kritikusabb helyeken, emellett a lánckötnyezés az újabb típusoknál (és a lövészpáncélosokon is) gyakorta előfordul.

A technológia fejlődése az '50-es évek végére tette lehetővé az ún. szendvicspáncélzat kialakítását. Itt a homogén acél helyett réteges felépítést hoznak létre, az acélt kerámia, lemerített urán vagy műanyag rétegekkel kombinálják, esetleg a korábban is használt kialakítást követve, egyszerűen üregeket hoznak létre abban [10., 236. o.]. Az üregek és az alternatív anyagok jó hő- és energia-elvezető tulajdonsággal bírnak [9., 46. o.], így csökkentve a kumulatív sugár erejét. Napjainkban harckocsit már nem is gyártanak homogén acélpáncélzattal. Ez a megoldás nem növeli meg olyan jelentős mértékben a tömeget, mint a kötényzet, mégsem alkalmazható korlátok nélkül, mivel a páncéltest vastagságát már számottevően megnöveli. Mivel a harckocsi nagysága a már említett szállíthatóság miatt lényegében nem növelhető tovább, a rétegelt páncélzat csökkenti azt a belső térfogatot, amiben el kell helyezni az erőforrást, a fegyverzetet, továbbá minden egyéb rendszert, és a szerelvényeket is.

Hátrányaik ellenére mindkét megoldás kielégítő módon javítja a kumulatív lövedékek elleni védelmet, de nincs komoly hatással a hagyományos, kinetikus energiájú lövedé-

kek elleni védelemre. Erre a hiányosságra a korábban említett, és a '70-es években megjelenő, leváló köpenyes, úrméret alatti löszerek világítottak rá. A megoldást az acélnál sűrűbb anyagok (a német Leopard-2-es esetében pl. wolfram, az amerikai M1 Abrams esetében szegényített uránium) alkalmazása jelentette a szendvics-szerkezetben [9., 47. o.]. Ez természetesen mind a páncéltest vastagságát, mind annak tömegét újfént jelentősen növelte.

A harckocsik védelmének fejlődésében a következő lépéső a reaktív páncélzat. Az elv itt is régről ismert volt, de a technika haladása csak a '70-es, '80-as évek időszakára tette lehetővé a tényleges alkalmazást. A korszerű reaktív páncéloknál két fémlemez között helyezkedik el az a robbanóanyag, amit a becsapódó lövedék aktivál. A reaktív töltet robbanása a két fémlemezt eltávolítja egymástól, a felső lemez mozgása a kumulatív sugár tömegét csökkenti és destabilizálja is azt. A megfelelően kialakított reaktív páncélzat az úrméret alatti lövedékek ellen is nyújt védelmet, a robbanástól elinduló felső lemez eltéríti a lövedéket a pályájától, csökkenti a mozgási energiáját, illetve roncsolhatja is a lövedékcsúcsot [9., 52–53. o.]. A jól kiképzett reaktív páncél a saját vastagságát 10-szeresen meghaladó passzív páncél védelmi képességét biztosítja, így nem csoda, hogy ezt a megoldást manapság széles körben alkalmazzák [11.].

Természetesen a reaktív páncélnak is vannak hátrányos tulajdonságai. Viszonylag drágák, és nehéz úgy megkonstruálni a szerkezetüket, hogy a harckocsi általános tevékenysége közepette ne, csak lövedék becsapódásakor aktiválódjanak. A robbanásuk kárt okoz a hordozó hagyományos páncélban és veszélyezteti a környező saját gépjárműt is. A harckocsik jelentős felületének pótlólagos reaktív védelme komoly tömegnövekedéssel is jár [11.], miközben bizonyos körülmények között (tipikusan az utcai harcok során) a harckocsi nagy része azért továbbra is sebezhető marad. 1995-ben a Groznijért vívott harcok során a csecsen fegyveresek olcsó és irreguláris erők szá-





7. ábra. Kumulatív löszerek elleni védőrács (Slat-armor) alkalmazása Afganisztánban, egy amerikai Stryker harcjárművön

mára is könnyen hozzáférhető RPG-k segítségével is érzékeny veszteségeket okoztak a már reaktív páncélzattal is felszerelt orosz harckocsiknak. A módszerük az volt, hogy gyors egymásutánban több rakétát is kilőttek ugyanarra a célpontra. Az első találat „letakarította” az adott felületről a reaktív tölteteket, majd a második már a csupasz páncélt testet érte [12]. Ezt a taktikát terroristák és lázadók máig előszeretettel alkalmazzák.

ALTERNATÍV HARCKOCSI-TERVEZÉSI ELJÁRÁSOK

A fentebb leírt változások lényegében lefedik a harckocsik, illetve az ellenük való tevékenység főáramlatát, de mindig akadnak ettől eltérő próbálkozások is. Ezek egy része – mint pl. a rakéta kilövésére alkalmas, nagy űrméretű löveggel ellátott harckocsi vagy a magnézium- és alumínium-páncélzat² – tervezési zsákutcának bizonyult, más kísérletek azonban, legalábbis egy-egy területen, sikeresnek tűnnek.

Az orosz (szovjet) harckocsitervezés- és gyártás a második világháború óta a világ élvonalában van, miközben kicsit mindig is különutas volt.

A hidegháború idején a szovjet ipar komoly energiát fektetett a tömeg csökkentésére irányuló fejlesztésekbe. Ezek legsikeresebb kísérlete a megbízható és hatékony automata lövegöltő-berendezés kifejlesztése volt, amivel a nyugati típusok többsége a mai napig sem rendelkezik. A berendezés kiváltotta a klasszikus négyfős harckocsi személyzetéből a töltőkezelőt, így számottevően csökkenteni tudták a torony méreteit.

A tömeg csökkentésének hagyományos módja, ha a páncélzat vastagságát az ellenséges tűznek kevésbé kitett helyeken csökkentjük. A második világháború kezdete óta a harckocsik front- és toronypáncélzata kiemelkedően vastag, miközben alulról, hátulról sokkal sebezhetőbbek. A 2015-től gyártott orosz T-14 Armata [14.] a több évtizeddel korábbi tesztekhez viszonyulva³ személyzet nélküli tornyot kapott, a személyzet egy külön térben számítógépekkel és kijelzőkkel körbevéve foglal helyet. Ez lehetővé teszi, hogy az elhelyezés vagy extra védelmi elemek által növeljék a személyzet túlélési esélyeit, bár maga a harckocsi túlélőképessége nem javul.

Az Armatához hasonlóan külön cikket érdemel a városi harcra optimalizált izraeli Merkava-sorozat [8., 206. o.]. A konvencionális elrendezéssel szakítva, itt a harckocsi elejébe került a motor, ezzel egy pufferzónát képeztek a szemből érkező támadások ellen, nagyban megnövelve a személyzet túlélési esélyeit. A hátul felszabaduló helyen

egy deszantteret hoztak létre, ami számos módon használható. Itt elhelyezhető 4 teljes fegyverzetű katona, akik így mindig „kéznél vannak” hogy biztosítsák a városi harcban nélkülözhetetlen lövéstartámogatást. A tér alkalmas a sebesültek biztonságos evakuálására is, de egyes változatokban – szintén a városi harc igényeihez alkalmazkodva – egy aknavetőt helyeztek el itt.

(Folytatjuk)

FORRÁSOK

- [1] Ian V. Hogg: Modern Military Techniques, Tanks, Dragon Clapton Books, London, 1986;
- [2] Poór István (ed): Harckocsi típuskönyv, Zrínyi, Budapest, 1986;
- [3] ZMNE Hadtörténelem tanszék archívum, <http://www.zmne.hu/tanszekek/Hadtortenelem/tematika/hk/m11.htm>, (a letöltés ideje: 2016.05.28.);
- [4] Merriam Webster Dictionary, <http://www.merriam-webster.com/dictionary/asymmetric%20warfare>, (a letöltés ideje: 2016.05.28.);
- [5] The Military Balance, <https://www.iiss.org/en>, (a letöltés ideje: 2016.05.28.);
- [6] Kováts Zoltán: Páncélosok és páncéltörők, Zrínyi, Budapest, 1973;
- [7] Turcsányi Károly (ed): Nehéz harckocsik, Püldo, Budapest, 2008;
- [8] Bombay László – Gyarmati József – Turcsányi Károly: Harckocsik 1916-tól napjainkig, Zrínyi, Budapest, 2000;
- [9] Tóth Barnabás: A harckocsik passzív védelmének fejlődéstörténete 1, Hadtudományi szemle, 2011 (3), 42–55. o.;
- [10] Richard M. Ogorkiewicz: Technology of Tanks, Jane's Information Group, Coulsdon, 1991;
- [11] Cifka Miklós: A jövő szárazföldi harcjárműve: Túlélni mindenáron! SG.hu, 2005. január 02, <https://sg.hu/cikkek/35015/a-jovo-szarazfoldi-harcjarmuve-tulelni-mindenaron> (a letöltés ideje: 2016.05.29.);
- [12] Végh Ferenc: Harckocsik a grozniji harcokban V. rész, Haditechnika, 2015 (5), 2–4.;
- [13] B., David: M-551 Sheridan, Tank Encyclopedia, 2015.04.14., http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/US/M551_Sheridan.php (a letöltés ideje: 2017.09.07.);
- [14] Cifka Miklós: Az új T-14 Armata orosz harckocsi, Haditechnika, 2016 (1), 19–25.;
- [15] Hajdú Ferenc: A páncéltörő fegyverek elleni védelem lehetőségei ÉLET ÉS TUDOMÁNY 2010. évi 65. sz. 38 p.

JEGYZETEK

- 1 Active Protection System.
- 2 A leginkább Vietnamban használt amerikai M-551 „General Sheridan” [13] volt ilyen. A rakéta a jelentős méretei miatt ugyan nem terjedt el a harckocsikon, de az kiderült, hogy az alumínium kielégítő módon képes biztosítani a harckocsiknál kevésbé védett eszközök, pl. az M-109-es önjáró löveg páncélvédeltségét, miközben alkalmazása által csökkenthető a tömeg.
- 3 Az 1960-as évektől több országban folytak kutatások személyzet nélküli toronnyal gyártott harckocsi kifejlesztésére – ezek közé tartozott az amerikai HIMAG és a brit COMRES, de bizonyos szempontból ide sorolhatók a tornyot teljesen elhagyó svéd Stridsvagn 103-as és német Kanonenjagdpanzer páncélosok is. [14]