

Prof. Dr Lukács László (CSc.)¹

SZEMELVÉNYEK A FÖLDROBBANTÁS ELMÉLETÉNEK ÉS GYAKORLATÁNAK FEJLŐDÉSÉBŐL²

(EXCERPTION FROM THE EVOLUTION OF THE THEORY AND PRACTICE OF SOIL BLASTING)

A talajok és sziklás kőzetek robbantásos megmunkálása két nagy csoportra osztható. A bányaművelés (földalatti és földfelszíni egyaránt) és a közlekedésepítési robbantások (alagutak, bevágások, stb. létesítése) legtöbbször a cél az adott közegben lévő anyag repesztése, törése, aprítása, az anyag nagyobb távolságra történő elhajításának igénye nélkül. A másik nagy csoportba a különböző földművek (árkok, alapgödörök) robbantásos kialakítása tartozik. Ennél a feladatnál a zúzásokon kívül azt is elvárjuk, hogy nagy mennyiségű anyag kerüljön kiemelésre, kidobásra az adott szelvényből. Hosszú időn keresztül elsősorban katonai feladatoknál jelentkezett ez az igény, ahol a gyors munkavégzés követelménye háttérbe szorította a felhasználandó robbantóanyag jelentős költségeit. A tanulmányban a talajok és sziklás kőzetek ez utóbbi, úgynevezett hajító robbantásának szabályait tekintjük át. A vizsgálódás során a katonai robbantástechnika szabályozói között tallózunk az 1800-as évek végétől, napjainkig.

Kulcsszavak: földművek robbantásos kialakítása; tölcserobbanás; árokrobbantás; robbanási hatásöv

The blasting processes of the soil and rocks can be divided into two big groups. The aim of most of the mining tasks (under and above the ground level equally) and traffic constructions works (tunnels, sections etc.) is splitting, breaking, grinding the given material while limiting the ejection of fragments. The other big group consists the different kind of soil works (pits, trenches) executed by explosion. During this work the materials are expected to be not only crushed but also excavated to the greatest extent possible. For a long time, this demand has arisen mainly in execution of military tasks where the time factor had priority over the cost of the applied explosives. In this study we look through the regulations of the throwing blast of the soils and rocks. During this review we browse among the military blasting standards and regulations from the end of XIXth century until today.

Keywords: earthworks by blasting, cone blasting, trench blasting, fragmentation radius

1. A KEZDETEK, AVAGY A BELSŐ TÖLTETEK SZÁMÍTÁSA

A belső töltetek problémája (abban az időben „hadi aknáknak” nevezték őket³) már régóta foglalkoztatta a katonai szakembereket. A hadi aknák feltalálójának Pedro Navarrot tartják, aki 1503-ban Nápoly ostrománál alkalmazta a védművek rombolására.

Ennek eredménye volt 1679-ben Franciaországban, 1716-ban pedig Ausztriában az aknász századok felállítása. Ezt követően a belső töltetek (ebben az időben nem tettek különbséget a

¹ A hadtudomány kandidátusa, egyetemi tanár, E-mail: llukacs@gmail.com.

² A Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. „Fúrás- robbantástechnika 2016” Nemzetközi Konferenciáján tartott előadás (Velence, 2016. szeptember 14-16.), konferencia kiadvány CD-jén megjelent tanulmány második közzélése

³ Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. 170. oldal

talajban és a falakban elhelyezett töltetek között) elméleti kérdéseinek tisztázására fordítottak kiemelt figyelmet.

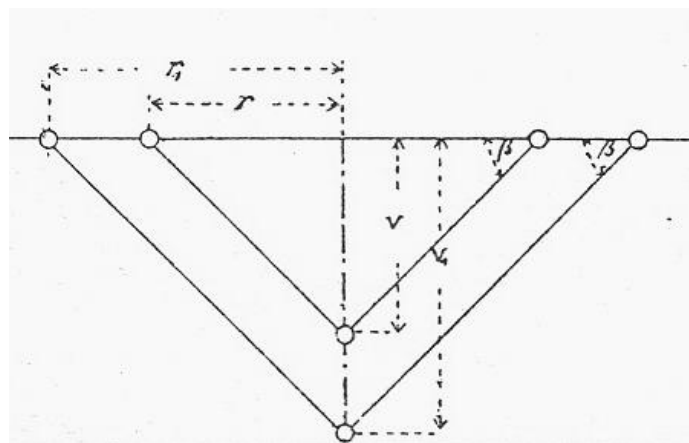
A kutatásokban kiemelt jelentőségű a XVIII. század legkiválóbb aknászának tartott Belidornak azon felfedezése, hogy „minden robbantó töltés bizonyos nyomási gömböt létesít”.⁴ Újabb előrelépést jelentett 1805-ben Lebrun munkássága, aki Megrigny 1686-os kísérleti eredményeit is felhasználva felállította töltési képletét, „mely szerint két hasonló repesztő kúphoz tartozó töltések (T) úgy viszonylanak egymáshoz, mint e kúpok köbtartalmai (K) illetőleg:

$$T : T1 = K : K1" \quad (1)^5$$

Ebből eredően „mértanilag hasonló aknatölcsérekre ...a robbantó töltések úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő ellenállások harmadik hatványai”, vagyis

$$T : T1 = v3 : v13 \quad (2)$$

ahol $v/$ és $v1/$ az 1. sz. ábra szerint.



1. számú ábra: Hasonló repesztő kúpok ábrázolása⁶

A (2) arányból következik, hogy „a töltés és az ellenállás harmadik hatványából képzett hányados állandó; ennek értékét $g/$ töltési együtthatónak nevezzük”⁷.

Ennek alapján a közismert Lebrun-képlet:

$$T = g * v^3 \quad (3)$$

ahol T - a robbanóanyag tömege kg-ban;

v - az ellenállási vonal m-ben;

g - a töltési együttható.

Lebrun elméletét fejlesztette tovább 1871-1873 között, Linzben végrehajtott kísérleti falrobbantásai során az Osztrák-Magyar Hadügyi Bizottság, mely azt állapította meg, hogy „külön-

⁴ Uo. 175. oldal

⁵ Uo. 175. oldal

⁶ Uo. 175. oldal, 147. ábra

⁷ Uo. 176. oldal

böző fúrólukak töltései úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő romboló övek félátmérőinek (repszó sugarak) harmadik hatványai”⁸, vagyis:

$$T = c * s^3 \quad (4)$$

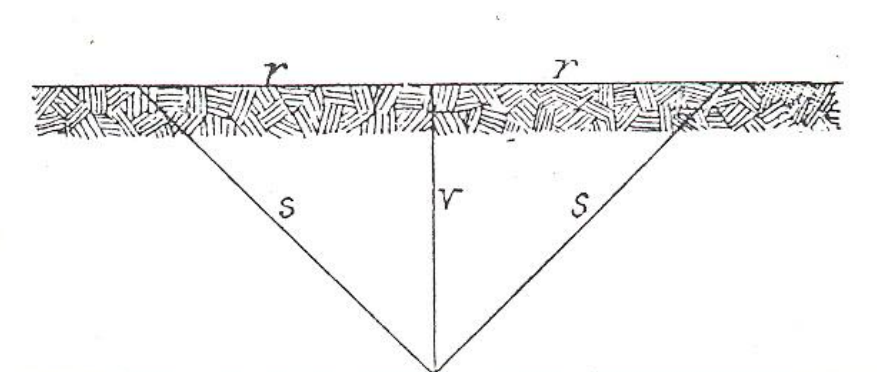
ahol c - töltési együttható;

s - a repeszó sugár.

A (4) képletet finomította tovább 1874-ben Julius Vogl őrnagy, tekintve hogy ebben a formájában a gyakorlati számítások végrehajtására alkalmatlannak találta.

A különféle feladatok végzése során ugyanis rendszerint a legkisebb ellenállás v és a tölcser sugara r adott (2. sz. ábra), melynek alapján:

$$s = (v^2 + r^2)^{1/2} \quad (5)$$



2. számú ábra: A feladat ábrája Vogl szerint⁹

Az (5) képletet átrendezve bevezette a töltet hatásmutatóját n , mely:

$$n = r / v \quad (6)$$

Vogl képletének végső alakja a következő:

$$T = k * (v + r)^3 \quad (7)$$

ahol T - a robbanóanyag töltet tömege kg-ban;

k - töltési együttható;

v - a legkisebb ellenállás m-ben;

r - a tölcser sugara m-ben.

2. A FÖLDROBBANTÁS ELMÉLETÉNEK ÉS GYAKORLATÁNAK FEJLŐDÉSE

A fejezetben az egyes korok földrobbantási szabályait vizsgáljuk meg részletesen az 1990-as évek elejétől napjainkig.

⁸ Uo. 176. oldal

⁹ Uo. 177. oldal, 148. ábra

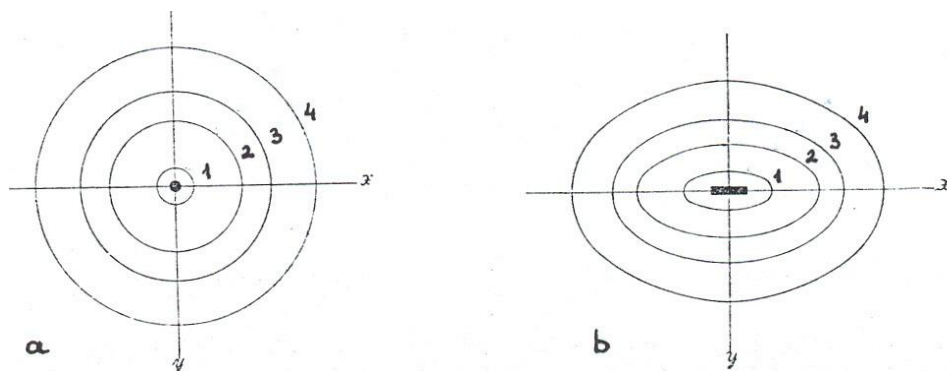
Az alfejezetekben utalunk a korábbi szabályokhoz képest történt változásokra, továbbá bemutatjuk az azonosságokat is.

2.1. Földrobbantási szabályok az I. világháború előtt

A földrobbantás elméletének fejlődését az **1903-as** megjelent, **A gyakorlati robbantó technika kézikönyve** (a továbbiakban Kézikönyv) c. mű mutatja be nagy részletességgel. Kijelenti, hogy a robbantás végrehajtását „központosított akna vagy furattöltésekkel”¹⁰, illetve „nyújtott töltésekkel” lehet végrehajtani. Ez utóbbit „több egymásra, vagy egymás mellé helyezett központosított töltésnek tekinthetjük”¹¹.

A robbanás során a következő „hatásövek” tapasztalhatók (3. számú ábra):

- nyomási vagy zúzó öv (zúzás, tömörítés megy végbe);
- romboló öv (hajítás vagy eltolás következik be);
- repesztő öv;
- rezgő öv.



3. számú ábra: A robbanás hatásövei központosított (a) és nyújtott töltéseknél (b)¹²

A hatásövek és a robbantandó talaj (kőzet) szabad felületének egymáshoz való viszonyát vizsgálva, a „Kézikönyv” az alábbi megállapításokat teszi (4. számú ábra):

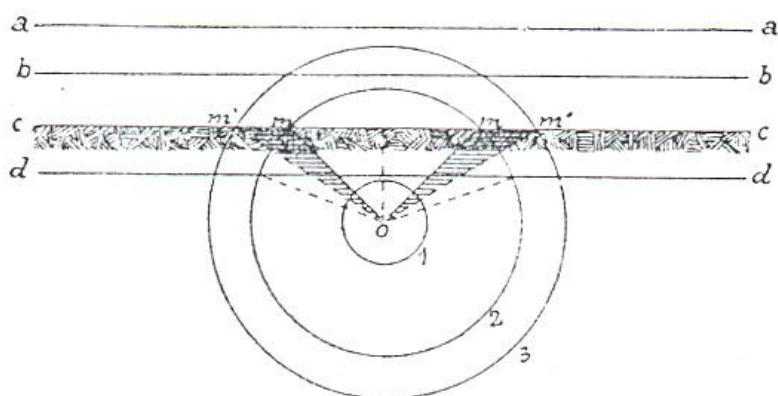
- „ha a szabad felület (a-a), illetve (b-b) a romboló hatásöv (2) fölé esik, akkor a durranás látható hatása elvész, mert a fejlődő gázok feszítő ereje nem képes a kőzet összefüggését megbontani”.
- „ha a szabad kőzettelület (c-c) a romboló övet (2) metszi, ... a robbantó gázok sugárirányos erő kifejtése kúphoz hasonló testet hajít ki, melynek alapja a (c-c)-vel jelölt szabad felületben, csúcsa pedig, a töltés középpontjában (o) fekszik”;
- „a hirtelenül fejlődő gázok feszítő ereje következtében a kőzetnek egy része nagy erővel lökődik ki, miáltal” a 4. ábrán látható „(m-o-m) úr keletkezik, melyet aknatölcsérnek nevezünk; ha ezután utómunkával távolítjuk el az össze-vissza repedezett, de ki nem hajított

¹⁰ Összpontosított és fúrt lyukban elhelyezett töltet

¹¹ Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. 168. oldal

¹² Uo. 169. oldal, 139-140. ábrák

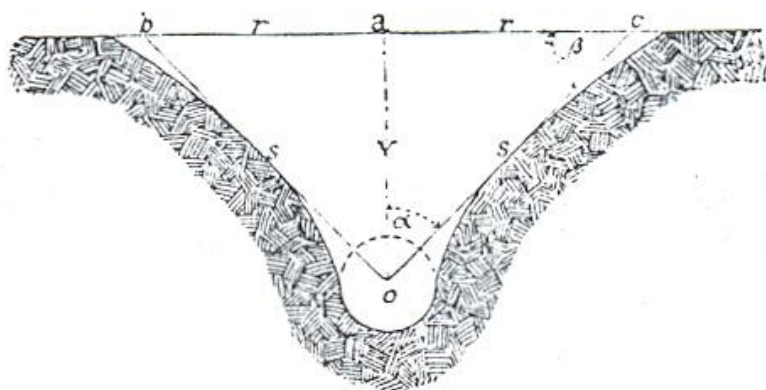
kőzetrészeket, megkapjuk az (m'-o-m') repesztő tölcsért”;



4. számú ábra: Az akna- és repesztő-tölcsér keletkezése¹³

- „ha végre a kőzet szabad felülete (d-d) a nyomási övhöz (1) közel fekszik, vagy éppen metszi azt, akkor a megoldott kis kőzettömeg erős durranással hajítódik ki, míg az előbbi esetben csak tompa rázkódás áll be”¹⁴.

A nevezett repesztő tölcsért vizsgálva az alábbi összefüggéseket állapította meg (5. számú ábra):



5. számú ábra: A központosított töltés aknatölcsére¹⁵

- „a gázok nagy feszültsége miatt a kúp a töltés-fészekben (o) kitágul és alapjának szélei többé-kevésbé kerekded alakot mutatnak”;
- „a töltésfészkek középpontjától a szabad falig mért függélyes távolságát (o-a = v) a legrövidebb ellenállási vonalnak nevezzük”
- „a töltésfészkek középpontját a tölcséralap szélével összekötő egyenesek (o-b és o-c = s) a repesztő sugarak, melyek ... egymással egyenlők”;
- „az aknatölcsér alapja kör, melynek fél-átmérőjét (a-b = a-c = r) tölcsérsugárnak nevezzük”;

¹³ Uo. 170. oldal, 141. ábra

¹⁴ Uo. 170. oldal

¹⁵ Uo. 172. oldal, 142. ábra

– „a repesztő sugár és az ellenállási vonal bezárják a (β) szöget, mely általában annál nagyobb, menttől erősebben töltjük az aknát; a kúpnak fél csúcsszögét (α)-val jelöljük”¹⁶.

„A tapasztalat igazolja, hogy központosított töltések akkor repesztik ki a legnagyobb aknatölcsért, ha $v = r$, illetve ha $\beta = 45^\circ$, mely esetben az aknatölcsér űrtartalma:

$$K = \pi/3 * v^3 = 1.05 * v^3$$
 (8)

A robbantási gyakorlatban ezt az aknatölcsért *szabványosnak*, az alkalmazott töltet mennyiségét pedig, *normálisnak* nevezték.

Azt is megállapították, hogy azonos tömegű tölteteket robbantva, egyre nagyobb ellenállási vonal / v / mélységekre elhelyezve, a kirobbantott tölcser köbtartalmai egyre kisebbek lesznek. Ugyanekkor természetesen / r /-értékei is kisebbednek, míg végül eléjük azt a kritikus / v /-értéket, melynél aknatölcsér már nem képződik ($r=0$). Abban az időben ezt „gőzaknának”¹⁸ nevezték. Höfer H., leobeni bányaakadémiai tanár számításai szerint, ha a legrövidebb ellenállási vonalat felével nagyobbra vesszük, mint szabványos esetben ($v = r$, illetve $\beta = 45^\circ$), nem keletkezik aknatölcsér tekintve, hogy gőzaknánál a romboló öv sugara 1.554-szer nagyobb, mint a normális legrövidebb ellenállási vonal.

Amennyiben a szabványos aknatölcsérnek megfelelő ellenállási vonal mélységben, a normálisnál kisebb vagy nagyobb tömegű töltetet alkalmaztak, úgy gyöngé vagy erős töltésekről beszéltek.

A töltetek tömegének meghatározásáról az 1. fejezetben már esett szó, hiszen nem tettek különbséget a föld-, illetve a szikla és építési anyag (tégla, kő, beton, vasbeton) robbantás között. Így ismertetésre került a Lebrun-képlet (3) és az ennek továbbfejlesztéseként bevezetésre került (4) képlet, melyet az Osztrák-Magyar Hadügyi Bizottság állapított meg. Ennek még tovább fejlesztésének eredményeként jelenik meg a Vogl-képlet (7), melynél először kerül alkalmazásra a (6) képletben foglalt töltet hatásmutató / n / fogalma, melyet a mai napig használunk számításainkban.

A (4) képlet / c /, illetve a Vogl-képlet (0.36 c -értékű) / k / töltési együtthatóit föld- és sziklarobbantásnál a cs. és kir. hadi bizottság által meghatározott táblázat alapján állapították meg¹⁹.

A (3) Lebrun-képlet g -töltési együtthatóiként, a Dynamit-Nobel részvénytársaság I., II. és III-osztályú dinamitra vonatkozóan, az alábbi értékeket ajánlotta ($v = 0.5-2.0$ m-ig):

- igen szilárd és szívós kőzetek esetén 0.6 - 0.75;
- közép-kemény kőzetre 0.3 - 0.45;
- igen puha kőzetre 0.2 - 0.35.

Javasolja ugyanakkor a próbarobbantásokat is, a töltési együttható meghatározásához. Ebben az esetben $v = 1.0$ m ellenállási vonal mélységben elhelyezett különböző tömegű töltetekkel kell a / g /- vagy a / c /-együttható értékét meghatározni. Mivel a kísérletek tanúbizonyságai szerint, két azonos körülmények között elvégzett robbantás hatásában akár 25 % eltérés is lehet-

¹⁶ Uo. 172. oldal

¹⁷ Uo. 172. oldal

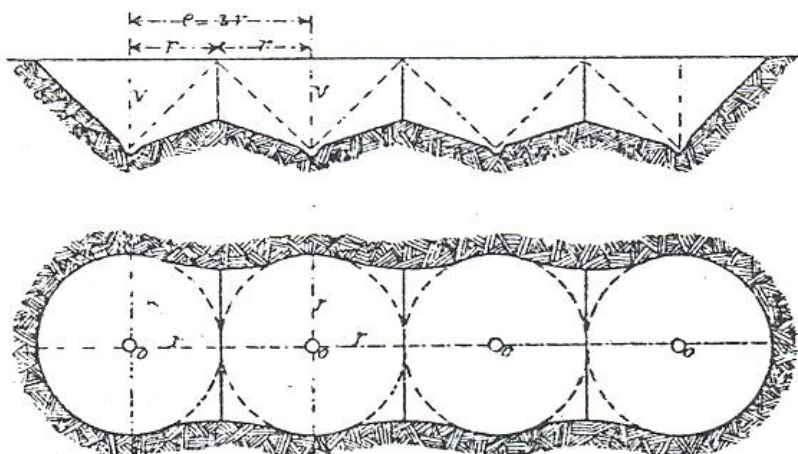
¹⁸ Ma földalatti hatású töltet megnevezésen ismert

¹⁹ Uo. 181. oldal

séges, így (előírása szerint) több robbantás számtani középértékét kell végső eredményként figyelembe venni.

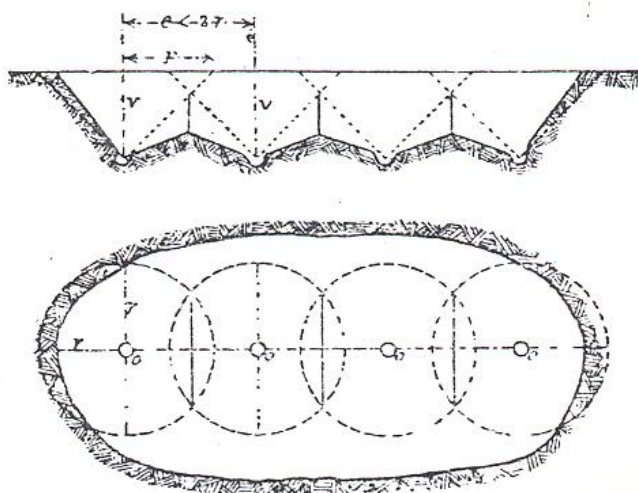
Több töltetet sorban elhelyezve, ún. „kapcsolt lövések” hatását is vizsgálja a „Kézikönyv”, és az alábbi megállapításokat teszi:

- amennyiben az azonos tömegű és elhelyezési mélységű töltetek egymástól való távolsága $/e/$ egyenlő a tölcsérsugár $/r/$ kétszeresével, nyújtott töltet robbantásához hasonló árok keletkezik, melynek szélessége majdnem egyenlő az egyes töltetek által kialakított tölcsér átmérőjével, és mélysége is azt közelíti (6. számú ábra);



6. számú ábra: Kapcsolt aknák érintőleges hatásövekkel ($e = 2 r$)²⁰

- ha a töltetek egymástól való távolsága kisebb, mint a tölcsérsugár kétszerese ($e < 2 r$), az árok szélessége és mélysége nagyobb lesz (7. számú ábra);



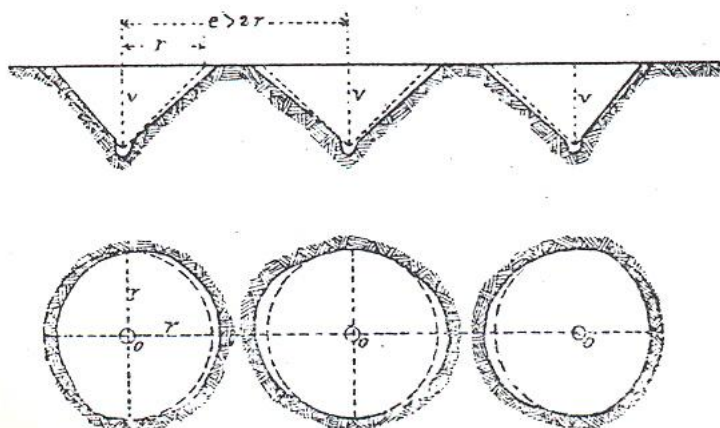
7. számú ábra: Kapcsolt aknák egymásba nyúló hatásövekkel ($e < 2 r$)²¹

- amennyiben a töltetek egymástól való távolsága meghaladja a tölcsérsugár kétszeresét ($e > 2 r$), a keletkező tölcsérek nem fognak érintkezni egymással, mindössze az egymás felé eső

²⁰ Uo. 182. oldal, 155. ábra

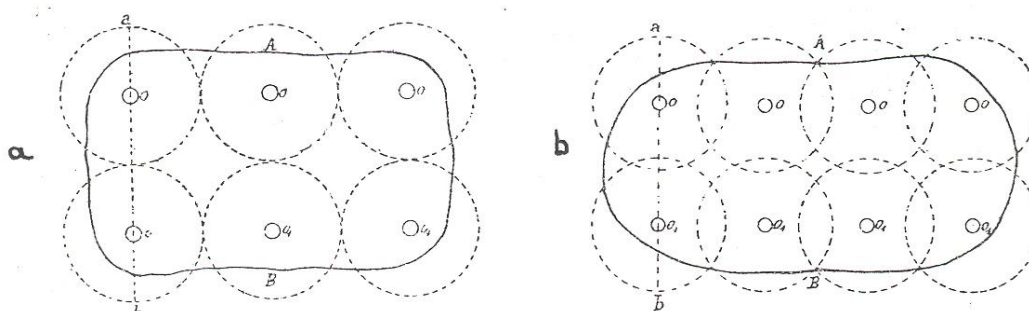
²¹ Uo. 183. oldal, 156. ábra

oldalaik bővülnek ki kissé (8. számú ábra);



8. számú ábra: Kapcsolt aknák külön-külön repsztó tölcsérrel ($e > 2r$)²²

- ha a tölteteket két sorban helyezük el, a kialakuló árok szélessége annál kisebb lesz, minél közelebb kerülnek egymáshoz a sorok; ugyanakkor a sortávolság csökkenésével javulni fog a kirobbantott anyag aprózottsága (9. számú ábra).



9. számú ábra: Kapcsolt aknacsoport érintőleges (a) és egymást metsző hatásövekkel (b)²³

A leírtakból következően, a töltetek tömegét „kapcsolt lövések” alkalmazása esetén csökkenték, így a Vogl-képlet (7), az alábbira módosul abban az esetben, ha a fúrólukak egymástól való távolsága kb. a legrövidebb ellenállási vonal kétszerese ($e = 2r$):

$$T = k * (v + 2/3 e)^3 \quad (9)$$

A „Kézikönyv” megjegyzi, hogy a polgári robbantástechnika a (9) képletet ritkán használja, mert a kapott töltet mennyisége nagy rombolásokat eredményez. Ezért ott a Lebrun-képlet (3) szerint számítja az egyes tölcséreknek megfelelő robbanóanyag mennyiséget, és az így kapott értéket növelik meg a robbantandó kőzet, vagy talaj minőségétől függően 30-60 %-kal.

A Kőbányászattal foglalkozó fejezetben tesz említést a „Kézikönyv” a legnagyobb szóródási távolságokról is, melyet 100 - 120 m-ben, „különösen repedékes kőzeteknél” pedig 150 - 200 m-ben határoz meg²⁴.

²² Uo. 183. oldal, 157. ábra

²³ Uo. 183. oldal, 158. és 159. ábrák

²⁴ Uo. 235. oldal

A földrobbantás elméletének, az 1903-as „Kézikönyv” szerinti tárgyalása azért nyúlt ilyen hosszúra, mert itt kerültek lefektetésre azok az alapelvek, melyek aztán – kisebb finomításokkal – nagyon sokáig meghatározóak voltak ebben a kérdésben. Nem egy megállapítását a mai napig igaznak fogadjuk el, és alkalmazzuk.

2.2. Földrobbantási szabályok az I. világháború előtt és a két világháború között

A következő állomás az **1915-ös H-26 k. u. k. utasítás**²⁵ volt, mely a 2.1. alfejezetben bemutatott tölcsérszámításokat teljesen kihagyta, és a 98. pontjában egy táblázattal intézi el a kérdés tárgyalását. Ezért a magyar katonai-műszaki vezetés, az új robbantási szabályzat, az **E-34. Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára** (a továbbiakban Műszaki oktatás) kidolgozásakor, külön figyelmet szentelt ennek a problémának a kiküszöbölésére, holott alapjaiban a H-26 fordításaként készültek el az egyéb fejezetek.

A Műszaki oktatás megjelenése előtt, a **Műszaki szemle 1927. 1-3. számaiban Nagy Gábor** tollából **egy háromrészes cikksorozat** dolgozza fel a földrobbantási számítások elméletét kimondottan azzal a céllal, hogy az érdeklődők a szabályzatban található végképletek levezetését is tanulmányozhassák²⁶. A cikk alapábrái a robbanás hatásöveire és a tölcsérképződés elméletére vonatkozóan tökéletesen megegyeznek a „Kézikönyvnél” bemutatottakkal (6-9. számú ábrák). A képletek bizonyítása és a bemutatott mintapéldák viszont mindenképpen figyelemre méltóak, a ma robbantási szakemberei számára is.

Az **1928-ban megjelent Műszaki oktatás**²⁷ tehát ilyen elméleti alapokra támaszkodik, ami azért jó tudni, mert például a jelenlegi Robbantási utasításban tárgyalt szabályok tudományos igényű alapjaihoz (az orosz Szalamahin professzor munkáihoz²⁸) nem igen juthatnak hozzá a mai szakemberek.

A földalatti robbanás hatásöveit a Kézikönyvben foglaltak szerint tárgyalja a szabályzat azzal az eltéréssel, hogy a nyomási övet zúzó övnek, a romboló övet pedig, a hajítás övének nevezi. Ugyancsak megegyező a tölcsérképződés elméletének bemutatása, de itt már nagyobb figyelmet fordítanak a visszahullott földmennyiségre.

A kialakuló tölcsért hátrahagyott tölcsérnek nevezik (10. számú ábra), melynek fő paramétereit külön táblázat segítségével is meg lehet határozni²⁹.

A „Kézikönyvben” bemutatott elvek továbbviteleként „derékszögű tölcsér”-ként határozza meg a legkedvezőbb robbantást, melyet „szabvány (normál) töltettel” lehet végrehajtani ($v = r$ esetben, mikor $\beta = 45^\circ$).

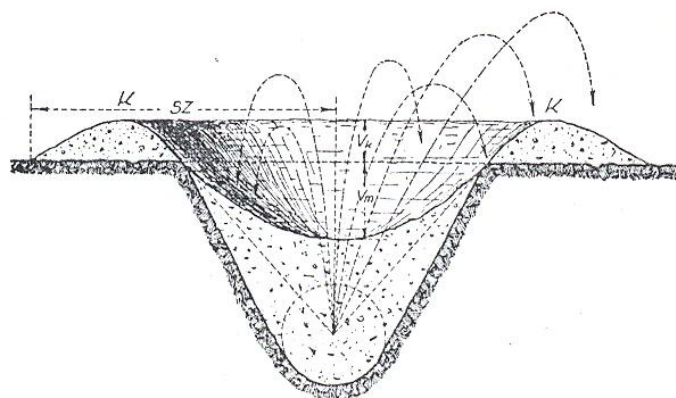
²⁵ H-26. Technischer Unnterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil; Sprengvorschrift (Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 1915.) – az utasításnak 1918-as (a jelzettel megegyező tartalmú) utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban

²⁶ Nagy Gábor: Központosított aknáknak hatásának számítása tölcsérképzés esetében és az aknaharcban (Műszaki Szemle, 1927/1-3. számok)

²⁷ E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I. rész, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

²⁸ A Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia (Moszkva) tanára, aki munkásságával megújította az orosz katonai robbantástechnikát – lásd [14], [15] [16] [17]

²⁹ Uo. 176. oldal



10. számú ábra: A hátrahagyott tölcser és fő adatai³⁰

Ugyancsak a „Kézikönyvnél” már ismertetett módon kerül meghatározásra a kirobbantott tölcser köbtartalmának változása, az elhelyezési mélység és az alkalmazott töltet tömeg függvényében, valamint a földalatti hatású töltet, melyet „zúzóaknának nevez”.

Kimondja, hogy „a tölcser nagysága ... az ellenállási vonal és a töltet nagyságától függ”³¹. Ennek alapján a (4) képlet megváltoztatott betűjelölésű, de azonos tartalmú változatát mutatja be, mely szerint:

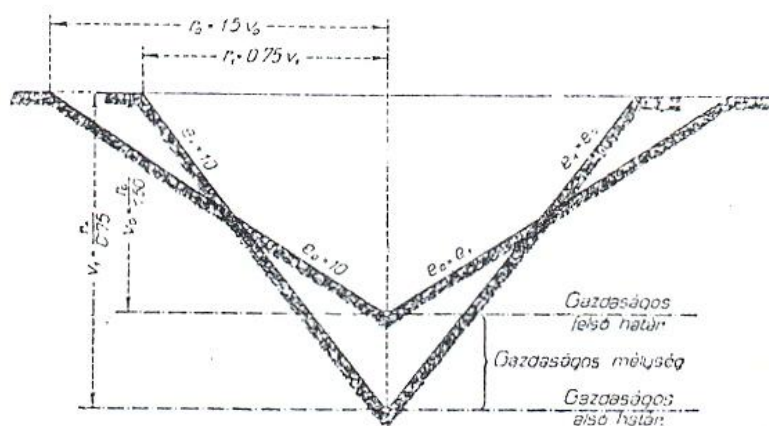
$$T = c1 * e^3 \quad (10)$$

ahol T - a töltet tömege kg-ban;

e - a robbanás sugara m-ben;

c1 - az anyag szilárdságától és a robbanóanyagtól függő tényező, melynek nagysága nehéz talajban 0.72; közepesben 0.55; könnyű talajban pedig, 0.33.

Ugyancsak említi a töltet hatásmutatót (tölcsermutatóként), melyet a (6) képlettel már bemutattam. Értéke földrobbantásnál $n = 1.50 - 0.75$ között van. Csak e feltétel teljesülése mellett egyezik az egyfajta anyagban, de különböző mélységben történő robbantáskor a robbantás sugara, a számított értékkel. Ebből viszont az következik, hogy ha a lehető legtöbb föld kirobbantása a célunk egy adott töltettel, akkor azt a $v = r/1.50$ és $r/0.75$ ún. gazdaságos határok között kell elhelyezni (11.számú ábra).



³⁰ Uo. 168. oldal, 110. ábra

³¹ Uo. 171. oldal, 232. pont

11. számú ábra: A számított és kirobbantott robbantási sugár összefüggése (gazdaságos határok)³²

Tölcsérek robbantására a honvédségi gyakorlatban a „zárt összpontosított tölteteket” alkalmazza a „Műszaki oktatás”, melyek tömege:

$$T = c * W^3 \quad (11)$$

ahol T - az ekrazit töltet tömege kg-ban;

W - a töltet hatásának sugara m-ben (gazdaságos tölcsérek esetén $W = v = r$);

c - a talaj szilárdsági tényezője, melynek átlagos értékei:

- szilárd talajban (kemény kavicsos föld, márga, agyag) 2.0
- közepes talajban (homokos agyag, ülepedett homok) 1.5
- könnyű talajban (könnyen átható agyag) 1.0

A talaj szilárdsági tényezőjének meghatározásához próbarobbantást ajánl, melynek végrehajtási módszerét is részletesen leírja.³³

A földrobbantásnál alkalmazandó összpontosított töltetek tömegének megállapításához egy töltetábrázatot is közöl a „Műszaki oktatás”, továbbá a Mellékletekben nomogramokat a földrobbantáshoz, a gazdaságos és a kevésbé gazdaságos tölcsérek méreteinek megállapításához.³⁴ Amennyiben a töltet fojtásának hossza kisebb az ellenállási vonal v / hosszánál, úgy a töltet tömegét T / meg kell szorozni a $d = 1.25$ fojtási tényezővel. Puszkapor alkalmazása esetén a számított töltet tömeget 30 %-kal meg kell növelni. Az elméleti részt bőséges mintapélda kollekción teszti teljessé.³⁵

A „Műszaki oktatás” igen részletes elméleti, és a gyakorlati tervezést segítő földrobbantási fejezetének érdekessége, hogy nem lép tovább az egyes tölcsérek robbantásának tárgyalásánál, és nem foglalkozik árkok robbantással történő létesítésével (szemben a falak és sziklás kőzet robbantásával, ahol ezt a kérdést is részletesen elemzi). Csak száz oldallal később, a Rombolások és megszakítások fejezet, „Út- és vasútvonalak hasznavehetetlenné tétele” paragrafusának egyik példájában (!) történik utalás arra, hogy egy hegyi út 20 m hosszban történő rombolása esetén, a tölteteket a hatás kétszeres távolságára ($2W$) kell egymástól elhelyezni.³⁶ A földalatti hatású tölteteket (zúzóaknak), az aknaharcban alkalmazandó módszerként tárgyalja a „Műszaki oktatás”, melyet a dolgozat keretein belül most nem kívánok tárgyalni.

Az **1929-ben** megjelent **Haditechnikai alapismeretek I. kötete** csak elnagyoltan, nem egész egy oldalban próbálja összefoglalni a Műszaki oktatásban foglaltakat (olyan lényeges kérdéseket, mint pl. a legkisebb ellenállási vonal, a földalatti robbantás hatásövei stb. meg sem említi).

2.3. A földrobbantás II. világháború utáni katonai szabályozása

Az elsőként megjelenő **Robbantási segédlet (1950)** a robbanás hatásöveiként ugyanazokat említi, mint a Műszaki oktatás, ami azért érdekes mert fordításról lévén szó, már orosz elveket tükröz. Nincs változás a rombolási sugár és az ellenállási vonal értelmezésében sem, csakúgy,

³² Uo. 174. oldal, 115. ábra

³³ Uo. 192-193. oldalak, 258-261. pontok

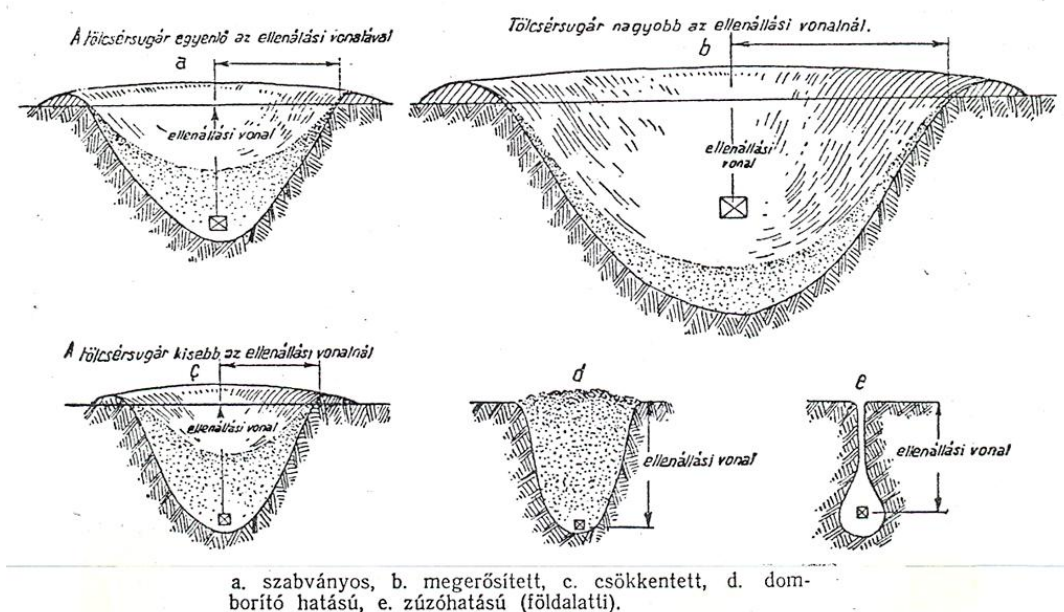
³⁴ Uo. 181-183. oldalak, II. táblázat, valamint 5. melléklet II-IV. ábrák

³⁵ Uo. 249-257. pontok

³⁶ Uo. 293. oldal, 441. pont

mint a szabványos, a megerősített, a csökkentett és a zúzó (rejtett hatású) töltet vonatkozásában. Egyedüli változás a „domborító töltet” fogalmának bevezetése (12. számú ábra).

Ezek után meglepő, hogy töltetszámítás helyett, a Segédlet csak egy töltettáblázatot ad meg alacsony hatóerejű robbanóanyagra, megerősített töltetek esetén (ahol a keletkező tölcsér sugara kétszerese a töltet elhelyezési mélységének; a 45/b. ábra szerint). Ha közepes hatóerejű robbanóanyaggal kell robbantani, úgy a töltet mennyisége 15 % -kal csökkentésre kerül.³⁷



12. számú ábra: Különböző hatású földrobbantó töltetek³⁸

A Segédlet ezen kívül a harcokosi-árkok robbantásával foglalkozik, de itt is csak egy táblázatot közöl, a töltetek tömegének megállapításához³⁹. Igaz viszont, hogy az eddigiekhez képest ez a táblázat veszi leginkább figyelembe a talaj milyenségét, tekintve, hogy az eddigi három helyett, négyes csoportosítást tartalmaz. A töltetek egymástól való távolságát sem számítással határozza meg, hanem csak arról rendelkezik, hogy ez az érték az ellenállási vonal 1.5 - 1.75-szöröse. A robbantáskor szétrepülő talajrészek legnagyobb hatótávolsága viszont megint megjelenik (a Műszaki oktatás ezt nem tárgyalta), és 250-270 m-ben kerül meghatározásra azzal a kitételrel, hogy ez az érték erős szélben, szélirányban 25-30 %-kal növekedhet.

Az **E.-Mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás (1950)** a robbanás hatásöveit változatlan formában tárgyalja, akár csak a töltet hatásmutatójának /n/ értelmezését. Változatlanul átveszi a Segédletből a megerősített, a szabványos és a domborító hatású töltet felosztást, a zúzó (rejtett hatású) töltetet viszont földalatti hatású töltetnek nevezi. Újdonság, hogy a legnagyobb rombolási és rezgési sugarak meghatározására, az alkalmazott töltettípusok függvényében külön képleteket ad meg, melyet táblázatban foglal össze.⁴⁰

A robbanóanyag mennyiség meghatározása már képlet segítségével történik, mely fő elveit tekintve megegyező az eddigiekkel:

³⁷ Robbantási segédlet, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950., 159. oldal, 12. táblázat

³⁸ Uo. 157. oldal, 132. ábra

³⁹ Uo. 160. oldal, 13. táblázat

⁴⁰ E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950. 210. oldal 19. táblázat

$$C = K * h^3 * (0.4 + 0.6 n^3) \quad (12)$$

- ahol C - a robbanóanyag tömege kg-ban;
 K - a talaj fajlagos tényezője, mely a talaj fajtájának és az alkalmazott robbanóanyagoknak a függvénye (táblázat alapján)⁴¹;
 n - a töltet hatásmutatója, melynek értéke legfeljebb 3 lehet⁴²;
 h - a legkisebb ellenállás vonala m-ben⁴³.

Különböző hatású töltetek alkalmazása esetén, /n/-értéke az alábbiak szerint állapítandó meg:

- szabványos töltetnél (derékszögű tölcsér) $n = 1$;
- megerősített töltetnél (tompaszögű tölcsér) $n > 1$;
- csökkentett töltetnél (hegyesszögű tölcsér) $n < 1$.

Ugyancsak tárgyalja az Ideiglenes utasítás a „hátrahagyott tölcsér” főbb méreteit, melyeket táblázatba foglal.⁴⁴

Külön alfejezetben kerül összefoglalásra a hajító robbantás, melyen belül a tölcsérképzéssel, és árkok összpontosított töltetekkel való robbantásával találkozunk.

Tölcsérképzés esetén a keletkező átmérőt az alábbi képlet alapján rendeli meghatározni:

$$D = 2 * n * h \quad (13)$$

- ahol n és h - a (12) képlet szerinti tényezők;
 D - a kirobbantott tölcsér átmérője m-ben.

Árkok robbantása esetén, az egy tűzben robbantott töltetek egymástól való távolsága:

$$a_n = h * (0.4 + 0.6 * n^3)^{1/3} \quad (14)$$

- ahol a_n - a töltetek egymástól való távolsága m-ben;
 h és n - az (12) képlet szerinti tényezők.

Az a_n -értékének meghatározását (n különböző értékei esetén), valamint a $(0.4 + 0.6 n^3)$ és $(0.4 + 0.6 n^3)^{1/3}$ kifejezések értékeit táblázatokba foglalták, a számítások megkönnyítésére.⁴⁵

Az egy sorban lévő töltetek esetén, a robbanóanyag tömegét az (12) képlet szerint kellett meghatározni, de amennyiben $h < 1.5$ m esete állt fenn, a tölteteket 25-50 %-kal meg kellett növelni. Háromszög keresztmetszetű árok esetén, a képletbe $n = 1.5 - 2.0$ értéket ajánlja behelyettesíteni.

Tárgyalja az Ideiglenes utasítás a két és háromsoros hajító robbantást is. Ebben az esetben az egyes sorok tölteteit egymáshoz viszonyítva eltoltan, „sakktáblaszerűen” kell elhelyezni. A sorok, és a soron belül a töltetek közötti távolságot egyaránt a_n -nek kell venni. Kétsoros robbantás esetén $n = 1.5 - 2.5$, háromsoros robbantásnál a középső soron plusz 0.25-0.5-tel meg-növelt /n/-értékkel kell számolni.

⁴¹ Uo. 205. oldal, 17. táblázat

⁴² kiszámítása a (21) képlet szerint, csak a legkisebb ellenállás vonalát nem /v/-vel, hanem /h/-val jelölik

⁴³ értelmezése megegyező az eddig tárgyaltakkal

⁴⁴ Uo. 207. oldal, 18. táblázat

⁴⁵ Uo. 211. oldal 20. és 212. oldal 21. számú táblázatok

Amennyiben a K-tényező értéke nem állapítható meg pontosan, úgy azt próbarobbantás végrehajtásával rendeli el ellenőrizni. Ennek végrehajtásának módszerét pontosan ismerteti⁴⁶ a 190. pontban.

Először jelenik meg a töltetüregző robbantás, melynek célja a fűrt lyukakban olyan üreg képzése, melyben nagyobb mennyiségű robbanóanyag is elhelyezhető. A fojtás nélkül robbantandó töltet tömegének megállapítása:

$$c = K_o * C \quad (15)$$

ahol c - az „üregvágó töltet” tömege (alacsony hatóerejű robbanóanyag esetén) kg-ban;

C - a főtöltet tömege, mely számára a töltetüreget készítjük (kg-ban);

K_o - a talajtól függő tényező, táblázat alapján⁴⁷.

Külön kihangsúlyozza az Ideiglenes utasítás, hogy töltetüregző robbantás esetén legalább 25 m biztonsági távolságot kell tartani.

Az árkok robbantásának tárgyalása után, külön kerül bemutatásra a harckocsi-árkok létesítése robbantással. Az n -tényező értékét 1.5-2.0 között választva, a harckocsi-árkok főbb méretei a következőképpen állapíthatók meg:

– az árok mélysége f , m-ben

$$f = 0.75 * n * h \quad (16)$$

– az árok szélessége d , m-ben

$$d = 2.25 * n * h \quad (17)$$

– a legkisebb ellenállási vonal számítása (1.5 m-nél kisebb nem lehet)

$$h = 1.33 * f/n \quad (18)$$

A számítást itt is egy táblázat könnyíti meg, amely adatait tekintve sokban hasonlít a Segédletben találhatóhoz. Külön érdekesség, hogy bár az Ideiglenes utasítás nem tárgyalja a nyújtott töltetek számításának módját, a táblázatban mégis konkrét értékeket közöl ezekre vonatkozóan is⁴⁸.

Az **1953-as** kiadású, **Robbantások**⁴⁹ című (akkor még titkos minősítésű) szolgálati könyv igyekszik megvilágítani az Ideiglenes utasításban foglalt képletek elméleti alapjait is. Ugyanakkor először vezeti be a p visszamaradó mélység jelölést, melyet, mint n -től függő értéket vizsgál, és több képletet is közöl meghatározására:

– általános alak

$$p = 0.33 * h / (2 * n - 1) \quad (19)$$

– ha viszont $n = 1.0 - 2.0$, akkor

$$p = 0.45 * e * (2 * n - 1) \quad (20)$$

⁴⁶ Uo. 214. oldal, 190. pont

⁴⁷ Uo. 215. oldal 193. pont

⁴⁸ Uo. 219. oldal, 22. táblázat

⁴⁹ Robbantások (Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953.)

ahol e - a legkisebb ellenállás vonalától h függő tényező, és értékei

$h = 5$ m-ig	$e = 1.0$
$h = 5 - 10$ m	$e = 0.9$
$h > 10$ m	$e = 0.8$

– trotil esetén

$$p = 0.5 * n * h \quad (21)$$

Nagyon érdekes módon bizonyítja (az eddigi utasítások közül először), hogy „egyetlen robbantással nem lehet keskeny és mély árkot készíteni”⁵⁰.

A keletkező tölcser össz-mélységét p_1 -gyel jelöli, és a visszamaradó mélységgel, valamint a tölcserkoszorú magasságával veszi egyenlőnek. Ezt hasonlítja össze a tölcserkoszorú, gerincén mért átmérőjével d_1 , melyet a (17) képlet szerint állapít meg. Bevezet azonban p_1 számítására egy újabb (immár negyedik képletet is), minden magyarázat nélkül:

$$\begin{aligned} d_1 &= 2.25 * n * h \\ p_1 = p + q &= 0.75 * n * h \quad (22) \\ d_1 / p_1 &= 3 \end{aligned}$$

Ugyancsak a Robbantások alkalmaz először számítást a talajrögök legnagyobb repülési távolságának L megállapítására, hajító robbantásnál:

– a töltetsorra merőleges irányban

$$L = 40 * h * n^2 \quad (23)$$

– a töltetsor hosszának irányában

$$L = 20 * h * n^2 \quad (24)$$

Megjegyzésként említi a könyv, hogy a számítást $h > 10$ m esetére nem ellenőrizték, valamint itt is figyelmeztet arra, hogy erős szélben a számított érték 25-50 %-kal is megnőhet.

A Mű. 2. Robbantási utasítás (1965) új alapokra helyezi az 1945 utáni földrobbantás elméletét és gyakorlatát. A robbantás hatásöveit három részre bontja, úgymint zúzási, rombolási és rezgési öv. Míg az Ideiglenes utasítás hasonló rendszerezése után megjegyzi, hogy a rombolási öv magában foglalja a hajítási és repesztési övet, addig ez a kitétel a Mű.2.-ből kimaradt⁵¹. A töltetek típusainál, megkülönbözteti a talaj kidobó töltetet, a lazítótöltetet és a földalatti hatású töltetet. Alakjukat tekintve a felsorolt töltetfajták lehetnek összpontosított és nyújtott töltetek.

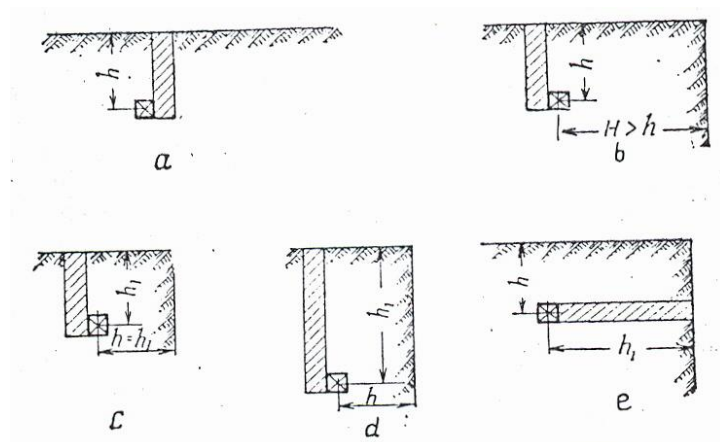
A töltet hatásmutatójának n értelmezése és számítása megegyezik az előzőekkel. Értéke talajt kidobó töltet esetén $n > 1.0$, lazítótöltetnél $n < 1.0$, míg földalatti hatású töltetnél $n = 0$. A talajt kidobó tölteteknél a leggazdaságosabb robbanóanyag felhasználás akkor biztosított, ha:

- összpontosított tölteteknél $n = 1.5 - 3.0$ (az optimális érték $n = 2.0$);
- nyújtott tölteteknél $n = 2.0 - 3.5$ (az optimális érték $n = 2.7$).

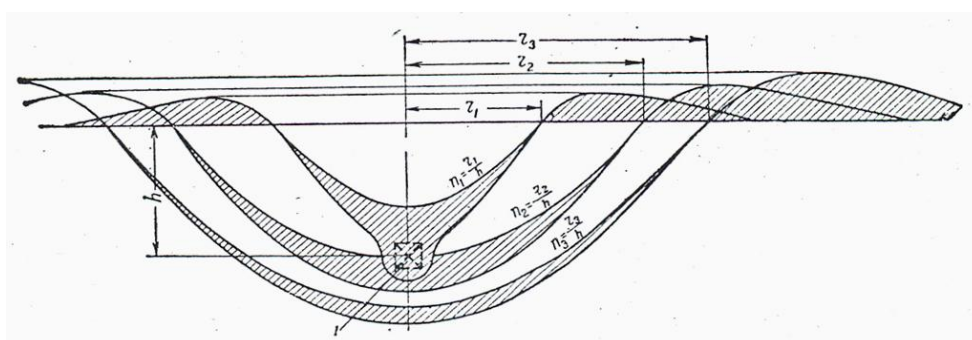
⁵⁰ Uo. 101. oldal

⁵¹ Már az 1903-as Kézikönyv említi, hogy a „romboló” és a „repszto” öv hatásának határvonala nem állapítható meg pontosan. A Műszaki oktatás (1928) ugyanerre a megállapításra jut a „hajítás” és a „repszto” öveire vonatkozóan.

A legkisebb ellenállási vonal értelmezését különböző töltelhelyezések esetén az 13. számú, míg a kialakuló tölcser milyenségének viszonyát a töltet hatásmutatójához, a 14. számú ábra szemlélteti.



13. számú ábra: A legkisebb ellenállás /h/ vonala és a töltet /h₁/ behelyezési mélysége közötti összefüggések⁵²



14. számú ábra: A tölcserék vázlata a töltet hatásmutatójának különböző értékeinél⁵³

A töltetek számítása az alábbi képletekkel történik:

– összpontosított töltetek esetén

$$C = K * M * h^3 \quad (25)$$

– nyújtott töltetek esetén

$$C_{ny} = K * M_{ny} * h^2 \quad (26)$$

ahol C - az összpontosított TNT töltet tömege kg-ban;

C_{ny}- a nyújtott töltet 1 folyóméterének tömege kg-ban;

K - a talaj fajtájától és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező⁵⁴;

M és M_{ny} - a töltet hatásmutatójától függő tényező⁵⁵;

h - a legkisebb ellenállás vonala m-ben.

A Mű.2. egyszerűsített képleteket is ajánl, az M és M_{ny} tényezők értékeinek meghatározására:

⁵² Mű/2. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965. 143. oldal, 98. ábra

⁵³ Uo. 144. oldal, 99. ábra

⁵⁴ Uo. 145-146. oldalak, 22. táblázat

⁵⁵ Uo. 147-148. oldalak, 23. táblázat

$$M = 0.31 * (n^2 + 1.3)^2 \quad (27)$$

$$M_{ny} = (n + 0.2)^2 \quad (28)$$

Annyi megjegyzést fűz az utasítás a képletekhez, hogy a (27) $n=0.5-3.5$, míg a (28) $n=1.1-4.5$ értékek között alkalmazható.

Amennyiben többrétegű talajban kell a robbantást végrehajtani, úgy a /K/-tényezőt számítás-sal kell meghatározni:

$$K_{sz} = \frac{K_1 * a_1 * a_1 / 2 + K_2 * a_2 * (a_1 + a_2 / 2) + \dots}{p * p / 2} \quad (29)$$

ahol K_1, K_2 stb.- a K tényező értékei az első, második stb. rétegnél;
 a_1, a_2 stb.- az első, második stb. réteg vastagsága m-ben;
 p - a tölcser számítási (visszamaradó) mélysége m-ben.

A rétegeket mindig alulról kell számolni, így a legalsó kivételével mindegyik pontosan lemérhető. A legalsó réteg vastagságát az alábbi képlet szerint állapíthatjuk meg:

$$a_1 = p - (a_2 + a_3 + \dots) \quad (30)$$

A tölcser visszamaradó mélységének /p/ meghatározását szolgálja a következő képlet:

$$p = K_o * n * h = K_o * r \quad (31)$$

ahol K_o - a talaj tulajdonságaitól függő tényező, melynek értékei

száraz homoknál	0.40-0.45
nedves homoknál, homokos agyagnál, homokos talajnál	0.45-0.55
agyagnál	0.50-0.60

Ez a képlet igazolja valóban azt, az 1953-as Robbantások c. könyvben már jelzett tényt, hogy robbantással nem lehet olyan tölcser-t létesíteni, melynél a mélységnek és a sugárnak bármilyen megadott viszonya lehet.

A képződő tölcser egyéb adatainak számítása: 15. számú ábra

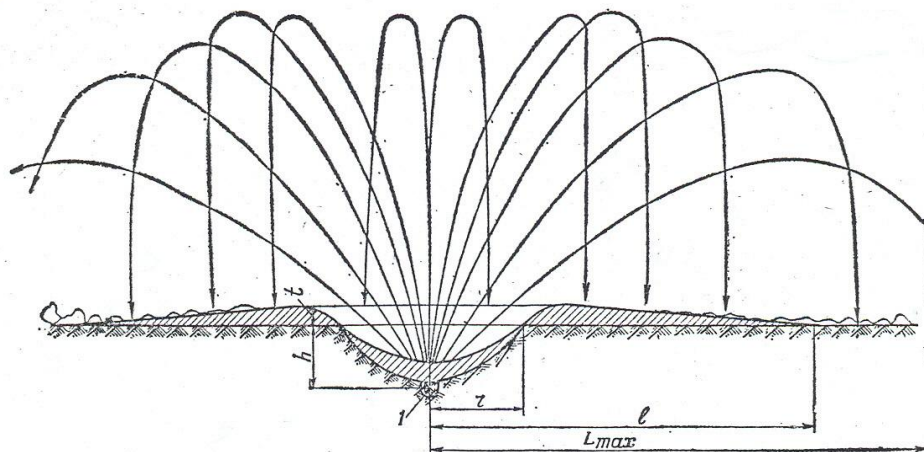
– a tölcserkoszorú magassága

$$t = 0.15 r \quad (32)$$

– a tölcserkoszorú külső határának sugara

$$l = 5 \div 7 r \quad (33)$$

– az egyes talajrögök legnagyobb szóródási távolsága az Ideiglenes utasítás (23) képlete szerint.



15. számú ábra: A talaj szétrepülésének vázlata hajító robbantáskor⁵⁶

Ugyancsak új a Mű.2. Utasításban a felszínen, szabadon felfektetett töltetek alkalmazásának lehetősége, melyek számítása:

- összpontosított tölteteknél

$$C = 35 * K * r^3 \quad (34)$$

- nyújtott tölteteknél

$$C_{ny} = 12 * K * r^2 \quad (35)$$

A Mű.2. utasítás foglalkozik az árok, összpontosított töltetekkel való robbantásával is. Az egyes töltések robbantásához szükséges töltetek tömegét a (25) képlet szerint kell meghatározni, $n = 1.5-2.0$ értékei mellett. A töltetek egymástól való ún. „normáltávolságát” az alábbi képlet szerint kell számítani:

$$a_n = 0.7 * h * (n^2 + 1)^{1/2} \quad (36)$$

Az a_n - érték meghatározását itt is egy kis táblázat könnyíti meg ugyanúgy, mint az Ideiglenes utasítás esetében ezt már láttuk. A két táblázat értékeit összehasonlítva, maximum néhány század eltérést tapasztalhatunk, holott a meghatározásukhoz használt (36) és (14) képletek alakjukban jelentősen különböznek egymástól. A harcokosi-árok robbantásának megtervezését itt is két táblázat segíti (egy az a_n / értékeit, egy pedig a robbanóanyag töltet tömegét adja meg)⁵⁷. A táblázat érdekessége, hogy további finomításra került a robbanóanyag meghatározás, a talaj függvényében (ötféle talajból lehet már választani)⁵⁸.

A töltetek két sorban való elhelyezése esetén, a sorok egymástól való távolsága itt is a normáltávolsággal egyenlő, akárcsak az Ideiglenes utasítás előírása szerint, de itt nem történik már utalás, esetleges töltet mennyiség növelésre. Három sor töltet esetén viszont, a sakktábla-szerű elrendezés mellett, elődjéhez hasonlóan az n -érték 0.5-del történő növelését rendeli el

⁵⁶ Uo. 152. oldal, 101. ábra

⁵⁷ Uo. 158. oldal 25. és 160. oldal, 16. táblázatok

⁵⁸ Csak emlékeztetőül: a Kézikönyv és a Műszaki oktatás három-háromféle talajra adott értékeket, a Segédlet és az Ideiglenes utasítás pedig, négyre.

a középső soron, sőt e sor 1-2 másodperces késleltetéssel történő robbantását is javasolja (a szélső sorokhoz képest)⁵⁹.

A Mű.2. Robbantási utasítás, elődjét meghaladó részletességgel tárgyalja a töltetüregező robbantást. Már változás tapasztalható a (15) képlethez viszonyítva is, a töltetmennyiség meghatározásában:

$$C_k = (2 * C) / m^3 \quad (37)$$

ahol C_k - a töltetüreg robbantásához szükséges töltet tömege kg-ban;
 C - annak a töltetnek a tömege kg-ban, mely részére a töltetüreg készül;
 m - a talaj tulajdonságaitól függő tényező.⁶⁰

Amennyiben egyszerre nem fér a robbantólyukba a meghatározott $/C_k/$ töltet, úgy többszöri „rálövést” ajánl az utasítás:

- kétszeri rálövés esetén a töltet megosztása, az alkalmazás sorrendjében: $1/3 C_k - 2/3 C_k$;
- háromszori rálövés esetén az alábbiak szerint javasolja a töltetet megosztani: $0.2 - 0.3 - 0.5 C_k$.

Az egyes robbantások végrehajtása között, illetve a töltetüreg robbanóanyaggal való feltöltése előtt, 30 perc várakozási időt kell tartani.

A ma is hatályos **Mű/213. Robbantási utasítás (1971)** fő vonalaiban a Mű.2. utasításban foglaltakat tartalmazza a földrobbantásra vonatkozóan, mindössze kisebb finomítások tapasztalhatók.

Mind a töltetek hatásöveit, mind pedig, az alkalmazható tölteteket illetően egyezik a két utasítás. Annyi a változás, hogy meghatározásra kerül földrobbantás esetén a nyújtott töltet fogalma, ahol hosszuk legalább 30-szorosan meg kell, hogy haladja, legkisebb keresztirányú méretüket⁶¹.

Nincs változás sem a legkisebb ellenállási vonal, sem a töltet hatásmutatója tekintetében. A robbanóanyag mennyiség meghatározása is a (25) és (26) képletek szerint történik. Kis korrekció, hogy összpontosított töltetek esetében, amennyiben $/h/$ -értéke több mint 25 m, úgy a (25) képlet szerint meghatározott töltet tömegét meg kell szorozni $0.2 * h^{1/2}$ - tényezővel.

Pontosításra került a fajlagos robbanóanyag fogyás $/K/$ értéke is⁶². Az utasítás emellett megemlíti, hogy $/K/$ -értékét célszerű próbarobbantással pontosítani, de a végrehajtás mikéntjéhez nem nyújt módszertani segítséget.

⁵⁹ A dolog azért érdekes, mert késleltetett villamos gyutacs sem a Magyar Néphadseregben, sem a Szovjet Hadseregben nem volt rendszeresítve, ennek következtében a kiképzés során sem került oktatásra (kiképzési programban nem szerepelt, még ha az Utasítás mellékletében történik is említés róla). A biztonsági rendszabályok viszont egyértelműen kimondják, hogy „a (robbantási) munkák végrehajtására kijelölt valamennyi személy ismerje a ...gyújtószereket, ... azok tulajdonságait és a velük való munkák szabályait” (372. old. 413/b. pont). Vagyis, ha a biztonsági rendszabályokat betartják, akkor nem volt olyan katona, aki ilyen robbantást végrehajthatott volna.

⁶⁰ Uo. 155. oldal, 24. táblázat

⁶¹ Alapelvként azt írja az Utasítás, hogy „a nyújtott töltet hossza, több mint az ötszöröse a legkisebb keresztmetszeti méretének” (18. oldal, 37. pont). Ez viszont csak a fa- és a fémszerkezeti elemek robbantásánál alkalmazható, ugyanis a téglá, kő, beton, vasbeton szerkezeti elemeknél úgy rendelkezik, hogy „nyújtott töltetet akkor alkalmazunk, ha a robbantandó szerkezetek szélessége kétszer, vagy annál többször nagyobb vastagságuknál” (122. oldal, 148. pont), a földrobbantásnál pedig, a 30-szoros értéket rendeli el kritériumként.

⁶² Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971., 132. oldal, 11. táblázat

Többrétegű talaj esetén a /Ksz/-érték meghatározása az előző utasításban ismertetettek szerint történik azzal a különbséggel, hogy a (29) képlet nevezőjében lévő $(p * p/2)$ értéket (mely a visszamaradó mélységre vonatkozott, értelemszerűen a $(h * h/2)$ legkisebb ellenállási vonal (és a sík terepen végrehajtott robbantásoknál egyben a töltet elhelyezési mélysége) váltotta fel.

Ugyancsak változások találhatók az /M/ és /Mny/-értékek táblázatában is⁶³.

A tölcser visszamaradó mélységének számítása a (31) képlet szellemében történik, csak a /Ko/ talaj tulajdonságaitól függő tényezőt, ezentúl /a/-val jelöli. Az /a/- értékei változatlanok, mindössze kiegészítésül megjelenik a kőzetre és betonra vonatkoztatott 0.6-0.7 érték.

A tölcser többi adatát változatlanul a (32) és (33) képletek szerint kell számolni. Változott viszont a talajrészek legnagyobb szétszóródási távolságának meghatározása:

$$L = 140 * n * h^{1/2} \quad (38)$$

Ugyancsak megváltozott a külső, szabadon felfektetett töltetekkel való tölcser és árokrobbantás szabályozása:

– összpontosított töltetek esetén

$$C = 18 * K * r^3 \quad (39)$$

– nyújtott töltetek esetén

$$C = 7 * K * r^2 \quad (40)$$

A tölcser (árok) visszamaradó mélységét ebben az esetben is a (31) képlet szerint kell meghatározni, de beton robbantása esetén az $a=0.15-0.20$ értékekkel kell számolni.

Nincs változás az árok, összpontosított töltetekkel történő robbantásában, változatlan formában került közlésre a töltetek közötti normáltávolság táblázata. Pontosításra került viszont a harckocsiárok robbantás töltettáblázata⁶⁴.

Változatlan tartalommal került közlésre a töltetüregző robbantás végrehajtásának módja.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A földalatti hatású töltetek robbantásakor keletkező hatásövek már az 1700-as évek közepén megállapításra kerültek, és a mai napig (kisebb finomításokkal) helytállóan bizonyultak. Ugyancsak feltárásra kerültek a kirobbantott tölcser leggazdaságosabb paraméterei (a tölcser sugara = a legkisebb ellenállási vonallal; a kirobbantott tölcser oldalfalának a talaj felszínével bezárt szöge közel 45°).

Ugyancsak megtörtént a töltetek hatás szerinti csoportosítása, mely végül is a mai terminológia szerint hajító, lazító valamint földalatti hatású töltetként foglalható össze.

Az 1800-as évek elejére kidolgozásra került az az alapképlet (3), mely a mai napig alkalmazott, ha más jelölésekkel és kisebb finomításokkal is: e szerint a legkisebb ellenállási vonal harmadik hatványának és a töltési együtthatónak a szorzata a szükséges töltetmennyiség.

⁶³ Uo. 134. oldal, 12. táblázat

⁶⁴ Uo. 147. oldal, 16. táblázat

A töltési együttható függ:

- a talaj fajtájától és állapotától;
- az alkalmazott robbanóanyag fajtájától, tulajdonságaitól;
- a fojtástól;
- a töltet hatásmutatójától, mely a rombolási sugár és a legkisebb ellenállási vonal hányadosa.

A töltet hatásmutatójának megfelelő megválasztásával tudjuk elérni, hogy a töltet hajítsa, lazítsa a talajt (kőzetet), vagy csak annak belsejében fejtsen ki hatást. A töltési együtthatót kezdetben összevontan, egy értékben határozták meg, majd felbontották két tényezőre, melyből az egyik segítségével lehetett a talajt és az alkalmazott robbanóanyagot figyelembe venni, a másikkal pedig, a robbanás kívánt hatását biztosítani. Ezáltal egyre pontosabb robbantások végrehajtására nyílt lehetőség. A ma alkalmazott képletek által számított töltetek robbantási gyakorlatomban, minden esetben az előre eltervezett hatást hozzák.

A Műszaki szemle 1927. 1-3. számaiban közölt cikksorozat a „központosított aknák” hatásának számításáról bizonyítja, hogy a robbantási szakemberek tudományos alapossggal vizsgálták ezt a kérdéskört, és nem elégedtek meg a robbantási gyakorlat tapasztalatainak elemzésével.

Az összpontosított töltetekkel való árokrobbantás szabályai is megfelelő pontossággal közlésre kerültek már századunk elején, bár itt elég nagy fejlődés tapasztalható, a töltetek egymástól való távolságának meghatározásában.

Mai földrobbantási szabályaink (mint már említettem) kiállják az idő próbáját, ennek ellenére vannak olyan részletkérdések, melyek nagyobb figyelmet igényelnek akár a múlt példait, akár a mai ipari robbantástechnika eredményeit vizsgáljuk. Ezek egyrészt az utasítások gyakorlati használhatóságára, másrészt a földrobbantások előkészítésének technikai biztosítására, végezetül (de nem utolsó sorban) a robbantás kedvezőtlen környezeti hatásainak mérséklésére vonatkoznak. Ennek részletezése, megoldási lehetőségeinek vizsgálata egy másik tanulmány kezei között történhet.

FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁS

1. Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899.
2. SCHAFFER Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, (Pallas Rt., Budapest, 1903.
3. H-26. Technischer Unnterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil; Sprengvorschrift, Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 1915.⁶⁵
4. E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2.Füzet - Robbantások I-II. rész + Mellékletek, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928-1929.

⁶⁵ Az utasításnak 1918-as (a jelzettel megegyező tartalmú) utánnomása is fellelhető a könyvtárakban

5. E-32 (Műsz. okt.): Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926.
6. NAGY Gábor: Központosított aknák hatásának számítása tölcsérvézés esetében és az aknaharcban, Műszaki Szemle, 1927/1-3. szám
7. SCHMOLL Endre: Haditechnikai ismeretek I. kötet, a szerző kiadása, Budapest, 1929.
8. Robbantási segédlet, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950.
9. E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, (Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950.
10. Robbantások, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953.
11. Mű/2. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965.
12. Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971.
13. LUKÁCS László: A magyar honvédségnél⁶⁶ alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai – kandidátusi értekezés, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest, 1995.
14. SZALAMAHIN, T. M.: Fizicseszkije osznóvi mehanyicseszkava gyejsztvija vzriva i metodi opregyelenyija vzrívnih nagrúzok (A robbanás mechanikus hatásának fizikai alapjai és a robbanási erőhatások meghatározásának módjai), Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1974.
15. SZALAMAHIN, T. M.: Osznóvi modelirovanyija i bojevaja efektyívnoszty zarjádov razrusenyija (A romboló töltetek harci hatékonysága és modellezésük módszerei), Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984.
16. SZALAMAHIN, T. M.: Razrusényije vzrívom elementov konsztrukcij (Szerkezeti elemek robbantása), Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1961.
17. SZALAMAHIN, T. M.: Poszóbije dlja resényija zadacs po teoriji mehanyicseszkava gyejsztvija vzriva (Segédlet a robbanás mechanikus hatásának elmélete alapján megoldandó feladatokhoz) Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1967.

⁶⁶ „Magyar honvédség” alatt értettem azt a mindenkori központilag szervezett fegyveres erőt (függetlenül annak éppen aktuális megnevezésétől), melynek feladata az ország védelme volt.