

A közlekedési hálózat életképesség elméletének néhány vonatkozása

Palkó Antal mk. őrnagy

Korunk fegyveres erőinek legszembetűnőbb jellemzője az a technikai felszereltség, képesség, amely maximálisan lehetővé teszi a fegyveres küzdelem térbeni kiterjesztését. Az ellenség csapásainak nemcsak a küzdő felek fegyveres erői vannak kitéve, hanem azok mögöttes területei, fontosabb objektumai is. Mivel a csapatok szükséges anyagokkal történő ellátása, hadműveleti, hadászati tartalékok megfelelő időben történő előrevonása a győzelem egyik feltétele, az ellenség egyik legfontosabb célja a közlekedési hálózat működőképességének zavarása, megbénítása.

Szinte tételként fogadható el, hogy egy ország gazdasága életképességének legfontosabb garanciája, a fegyveres erők biztosításának záloga a közlekedési hálózat, valamint a hírközlés működőképességének folyamatos fenntartása. Mind-ebből törvényszerűen következik a közlekedési hálózat életképesség-vizsgálatának szükségessége, tárgyának, céljának, módszereinek meghatározása.

A közlekedési rendszer háborús felkészítése

A közlekedési hálózat háborús felkészítése az ország védelmi képességét biztosító rendszabályok szerves részét képezi, melynek célja a fegyveres erők és a népgazdaság szállítási szükségleteinek korszerű háború viszonyai között történő kielégítése.

A közlekedési rendszer életképességén a felső katonai vezetés által megszabott követelmények szerint, háborús körülmények között, megszakítások nélküli szállítási folyamatot értünk.

Az *életképesség tárgyát* tehát a közlekedési rendszer háborús felkészítésével kapcsolatos, a rendszeren végrehajtandó minőségi és mennyiségi folyamatok képezik.

Az életképesség elmélet célja pedig a közlekedési rendszer háborús felkészítésére a leghatékonyabb döntések meghatározása.

E döntéseknek biztosítaniuk kell:

- a fegyveres erők részére szükséges szállítások megadott határidőre történő végrehajtását;
- a csapat- és anyagszállítások, valamint a közlekedési eszközök és objektumok veszteségeinek csökkentését;
- az ellenség tömeges atomcsapásai következményeinek gyors felszámolását, a szállítási folyamat folytonosságát;
- a közlekedési ágazatok irányító szervezeteinek működőképességét.

A közlekedési rendszer háborús felkészítésére irányuló rendszabályok, változatok számbavételéhez, optimális döntések előkészítéséhez megfelelő matematikai apparátussal, számítástechnikai berendezésekkel kell rendelkezni, melynek segítségével figyelembe lehet venni a háborús körülményeknek a rendszer életképességére ható alábbi tényezőit.

1. A fegyvercs erők érdekében történő szállítások a közlekedési hálózat átbocsátóképeségének döntő hányadát teszik ki, megváltozik a szállítmányok jellege (pl. a szállítandó anyagok nagy százaléka veszélyes szállítmány), a szállítás határidőre történő végrehajtása parancsoló szükségesség, a katonai szállítások prioritása.

2. Alapvető utánszállítási útvonalakon (vasúton) rendezői és rakodói folyamatok koncentrálnak.

3. A közlekedési hálózat fejlettsége, technikai felszereltsége, objektumainak, műtárgyainak nagyságrendje, kölcsönhatása.

4. Az alapvető objektumokra mérendő ellenséges csapások valószínűsége, a használható romboló eszköz fajtája, hatóereje, a rombolás jellege és méretei, a célbajuttató eszközök pontossága.

5. A közlekedési hálózat földrajzi sajátossága, izolált útszakaszok keletkezésének valószínűsége, azok jellemzői.

6. A csapások következményeinek felszámolására rendelkezésre álló erők és eszközök mennyisége, optimális elosztása, a helyreállítási munkák körülményeinek nehézsége, bonyolultsága.

A közlekedési rendszer háborús felkészítésének, életképessége növelésének irányai a következők:

- a közlekedési ágazatok komplex fejlesztése;
- a rendszer háborús rezsimre állítását biztosító rendszabályok kidolgozása;
- védelmi és speciális építések tervezése, megvalósítása;
- a technikai biztosítás megszervezése;
- fontos közlekedési objektumok őrzés-védelmének megszervezése;
- népgazdasági erők és eszközök felkészítése;
- katonai közlekedési, valamint a polgári közlekedést irányító, végrehajtó szervezetek szakembereinek kiképzése, felkészítése;
- katonai szállítások technikai és anyagi eszközökkel történő biztosítási terveinek kidolgozása, folyamatos pontosítása.

A közlekedési hálózat háborús felkészítését, életképességének növelését jelentős építési feladatok és szervezési rendszabályok együttes, egymást szervesen kiegészítő komplexuma képezi.

Az építési feladatoknak természetesen jelentős anyagi, beruházási kihatása van, ezeket a népgazdasági tervek keretében – a honvédelmi érdekek érvényesítésével – kell megoldani. A gazdaságosság követelményei szerint elsősorban a közlekedési hálózat teljesítőképességét békében is növelő beruházási építéseket kell megvalósítani.

Az életképességet növelő építési feladatok körébe sorolhatók:

- nagyforgalmú csomópontok, jelentős objektumok megkerülő útjai;
- elágazások, összekötő, bekötő utak létesítése;
- természeti akadályokon létesített műtárgyak dublázása;

- a hálózat rekonstrukciója;
- csomópontok előtti és utáni állomások fejlesztése, bővítése;
- ideiglenes átrakó körletek előkészítése;
- a közlekedés irányító szervezetei részére kihelyezett, fedett vezetési pontok létesítése.

Szervezési-technikai rendszabályok kidolgozásával a közlekedési hálózat teljesítőképességének, életképességének növelése jelentősebb beruházások nélkül érhető el, ezek az alábbiak:

- technikai biztosítási tervek kidolgozása;
- a helyreállítási erők és eszközök mennyiségének meghatározása, optimális elosztása, ezek manőverező képességének biztosítása;
- a szállítás technikai eszközeinek széttagolása;
- a kölcsönös cserélhetőség elvének biztosítása;
- álcázási rendszabályok kidolgozása;
- az üzemeltető szakállomány váltásának széttagolása;
- az információs áramlat megszervezése;
- szennyezett terepszakaszon végzendő munka rendszabályainak kidolgozása;
- tartalékképzés stb.

Közlekedési hálózat életképessége

Mivel a közlekedési hálózat bonyolult rendszer, életképességének vizsgálata alrendszereinek, elemeinek vizsgálatával közelíthető meg. Módszerként fogadható el, hogy a közlekedési hálózatból válasszunk ki egy ágazatot (pl. vasút), az ágazat egy - a feladat végrehajtása szempontjából számunkra legfontosabb - vonalát (pl. front vasútvonal), majd a vasútvonal teljesítőképességét meghatározó elemét (elemeit, objektumait). Végezzük el az elemek (objektum) vizsgálatát, szükség esetén határozzuk meg az életképesség növeléséhez szükséges rendszabályokat.

Ezután - a kölcsönhatások figyelembevételével - vizsgáljuk meg a vonal, majd hálózat életképességét.

Vasútvonal egy elemének életképessége

Egy elem (objektum) életképességének vizsgálatánál első lépésként egy valószínűségi problémát kell megoldanunk. Meg kell határoznunk a vizsgált objektum rombolásának valószínűségét ellenséges csapás esetén.

Tekintsük a hálózat elemének azt a műtárgyat, vagy berendezést, melynek rombolását eseményként értékeljük, függetlenül a többi műtárgy, vagy berendezés rombolásától.

Fontos közlekedési objektumok (hidak, vasúti csomópontok, pályaudvarok) önálló célpontként értékelendők, ellenük az ellenség egy csapásával lehet számolni.

Egy objektum rombolásának valószínűségét az alábbi képlet alapján határozhatjuk meg:

$$P = P(t) \cdot P(r) \text{ \%};$$

ahol:

- $P(t)$ - az objektum elleni támadás valószínűsége;
- $P(r)$ - a rombolás valószínűsége támadás esetén.

A szükséges adatok szakutasításokból, értékelő táblázatokból nyerhetők. Vegyük számba a vasútvonal egy elemének életképesség vizsgálatához a kiinduló adatokat.

A vizsgált elem átbocsátóképessége: n (vonat, vonatpár)

$$n = \frac{T - t_{\text{techn}}}{t_{\text{fg}}} k_m \quad (\text{sec.});$$

ahol:

- T – a teljes napi időalap (1440 sec.);
- t_{techn} – az elem technikai kiszolgálására fordított idő (sec.);
- t_{fg} – egy vonat foglaltsági ideje (sec.);
- k_m – az elem megbízhatósági tényezője, $k_m = 0,95\text{--}0,99$.

Rombolás után az *átbocsátóképesség csökkenése*: n_{cs}

Rombolás esetén az *átbocsátóképesség csökkenésének* következő eseteivel számolhatunk:

- a) Ellenséges csapás következtében a vonatforgalom t_{sz} időtartamig szünetel, a veszteség a vonalkázott terület nagyságával arányos (lásd: 1. sz. melléklet a) ábra). n_{hv} – a háborús időszak vonatforgalma (vonat/nap; vonatpár/nap).

Ennek értéke:

- kétvágányú szakaszra 0,85 n ,
- egyvágányú szakaszra 0,8 n ;

t_{sz} – a rombolás következtében a vonatforgalomban bekövetkező szünet, melynek értékét a következő képlet szerint határozhatjuk meg:

$$t_{sz} = t_e + \frac{R_1}{L_k} \quad (\text{nap, óra});$$

ahol:

- t_e – a helyreállítási munkák előkészítésének ideje;
- R_1 – az elem átteresztőképességét biztosító (első ütemben elvégzendő) helyreállítási munka volumene/munkásnap);
- L_k – a szakképzett munkaerő létszáma (fő).

A rombolás mértéke, a szállítási folyamat helyreállításának sürgőssége szükségessé teheti a helyi lakosság bevonását is. Ekkor a vonatforgalomban bekövetkezett szünet meghatározása:

$$t_{sz} = t_e + \frac{R_1}{L_k + k_1 l_h} \quad (\text{nap, óra});$$

ahol:

- l_h – a helyreállításba bevont helyi lakosság létszáma (fő);
- k_1 – a helyi lakosság teljesítőképességének koefficiense, értéke: 0,6.

A helyreállítási munkák reális tervezése szükségessé teszi egyéb, teljesítménycsökkentő körülmények figyelembevételét is:

- k_2 – földrajzi, időjárás tényezők (talajminőség, évszak), tapasztalati értéke: 0,85;
- k_3 – szennyezett terepen végzett helyreállítási munka hatékonysági tényezője, gyakorlati értéke: 0,5.

Mindezek figyelembevételével a vonatforgalomban bekövetkező szünet meghatározására szolgáló képlet:

$$t_{zs} = t_e + \frac{R_1}{L_{kv} + k_1 l_h k_2} \quad (\text{nap, óra}); \text{ illetve}$$

$$t_{zs} = t_e + \frac{R_1}{L_{kv} + k_1 l_h k_2 k_3} \quad (\text{nap, óra}).$$

b) Ebben az esetben az ellenséges csapás következtében a vonatforgalom nem szünetel, azonban az átbocsátóképesség csökken, a helyreállítás időszükséglete t_h , az átbocsátóképességben számítható veszteséget a vonalkázott terület reprezentálja. (1. sz. melléklet b) ábra.)

n_{cs} - az elem átbocsátóképességének csökkenése.

A különböző változatok kezelhetősége érdekében vezessük be a vonatforgalom *feltételes szünetének fogalmát*, t_f :

$$t_f = \frac{n_{hv} - n_{cs}}{n_{hv}} \cdot t_h \quad (\text{óra});$$

A helyreállítás időszükségletén azt az időtartamot értjük, mely alatt elvégzett helyreállítási munka volumene biztosítja a szükséges átbocsátóképességet, kiszámítása:

$$t_h = \frac{R_2}{(L_{kv} + k_1 l_h) k_2 k_3}$$

ahol:

R_2 - a szükséges átbocsátóképességet biztosító helyreállítási (második ütemben elvégzendő) munka volumene (munkásnap).

c) A csapás következtében a vonatforgalom egy t_{sz} időtartamig szünetel, az első ütemben elvégzendő helyreállítási munkák eredménye n_{cs} csökkent átbocsátóképesség, majd a második ütemben elvégzendő munkálatok hirtesítják a megkívánt vonatforgalom mértékét. (1. sz. melléklet c) ábra.)

A vonatforgalom feltételes szünetének időtartama:

$$t_f = t_{sz} + \frac{n_{hv} - n_{cs}}{n_{hv}} t_h \quad (\text{óra});$$

d) A rombolás hatására a vonatforgalom szünetel t_h időtartam alatt a vonatsúly a korábbi Q értékről Q_{cs} értékre csökken. (1. sz. melléklet d) ábra.)

$$t_f = t_{sz} + \frac{n_{hv} Q - n_{cs} Q_{cs}}{n_{hv} Q} t_h \quad (\text{óra}).$$

Az objektum életképességének további vizsgálata érdekében bevezetjük a *feltételes átbocsátóképesség fogalmát*:

$$n_f = \frac{T_t - t_f}{T_t} n \quad (\text{vonatpár/nap});$$

T_t - vonal (hálózat) üzemeltetésének tervezett időtartama (nap).

Ilyen módon meghatározást nyertek az objektum életképességének vizsgálata

tához szükséges adatok. A feladat megoldásának (2. sz. melléklet), logikai sorrendje pedig a következő:

1. Meghatározzuk a hálózat üzemben tartásának minimális időtartamát (pl. egy hadművelet tervezett időtartama) T_t ;

2. Kiszámítjuk a vizsgált objektum átbocsátóképességét n , a háborús időszak vonatforgalmának nagyságát n_{hv}

$$n_{hv} = n_k + n_{ng} \text{ (vonat/nap; vonatpár/nap);}$$

ahol:

n_k - a hadműveleti szállítások volumene (vonat/nap; vonatpár/nap;

n_{ng} - a népgazdasági szállítások volumene (vonat/nap; vonatpár/nap).

3. Meghatározzuk az ellenséges rombolás valószínűségét P , a csapás következményeinek felszámolásához szükséges első és második ütemben elvégzendő helyreállítási munka volumenét R_1, R_2 .

4. A helyreállítási munka volumenének függvényében megvizsgáljuk a biztosítható szakképzett állomány létszámát L_{kv} , meghatározzuk a helyreállításba bevonható helyi lakosság létszámszükségletét l_h , a munkavégzés hatékonyságának tényezőit k_1, k_2, k_3 .

5. Számítjuk a csapás következtében a vonatforgalom szünetelésének időszükségletét t_{sz} , a helyreállítás időszükségletét t_h , a csökkent átbocsátóképességet

6. Meghatározzuk a vonatforgalom feltételes szünetét t_t .

7. Számítjuk a feltételes átbocsátóképességet n_t .

8. Elvégezzük a feltételes átbocsátóképesség és a háborús időszak vonatforgalmának összehasonlítását: $n_t > n_{hv}$ (elégesség felétele).

9. Ha a feltételes átbocsátóképesség értéke nagyobb a háborús időszak tervezett vonatforgalmánál (az egyenlőtlenség fennáll), az objektumot előkészítettnek lehet tekinteni.

10. Ha az egyenlőtlenség nem áll fenn, szükséges az objektum életképességét növelő változatok kidolgozása.

11. Minden változatnál megvizsgáljuk a megkívánt egyenlőtlenség érvényesülését.

12. Azon változatokból, melyeknél az egyenlőtlenség fennáll, kiválasztjuk azokat, amelyek költségkihatása kisebb.

13. Választjuk az átbocsátóképességet békében is növelő változatot (népgazdasági érdek érvényesítése).

14. Az életképességet növelő változatot tervbe állítjuk, megvalósítását ütemezzük.

Vasútvonal életképességének vizsgálata

A vasútvonal életképességének vizsgálati módszere megegyezik az objektumnál ismertetett módszerrel. A vonal esetében meg kell állapítani azon objektumok számát, amelyek meghatározóak a vonal átbocsátóképességére, üzemben tartására. Ezután az objektumok (elemek) vizsgálatát az ismertetett módon elvégezzük.

A vonal vizsgálatát elvégezhetjük:

- az objektumok különböző időben történő,
- az objektumok egyidejű rombolásának feltételezésével.

A vonal elemeinek *nem egy időben feltételezett* rombolása esetén a vonatforgalom feltételes szüneteltetésének időtartamát az alábbi képlet segítségével számíthatjuk (bizonyítási eljárás mellőzésével):

- két elemet feltételezve:

$$t_f = P_1 \cdot t_{sz1} + P_2 \cdot t_{sz2}$$

P_1, P_2 - az elemek rombolásának valószínűsége.

- n számú elem esetén:

$$t_f = P_1 t_{sz1} + P_2 t_{sz2} + \dots + P_n t_{szn} = \sum_1^n P_i t_{sz_i}$$

A vonal elemeinek *egyidejű* rombolását feltételezve:

$$T_f = P_1 t_{sz1} + P_2 \bar{P}_1 t_{sz2} + P_3 \bar{P}_2 \bar{P}_1 t_{sz3} + \dots + P_n \bar{P}_1 \bar{P}_2 \bar{P}_3 t_{szn}$$

$$(1 - P = \bar{P}).$$

Ha a rombolás következtében nemcsak szünetel a vonatforgalom, hanem az átbocsátóképesség csökkenésével is számolnunk kell, a vonatforgalom veszteségének meghatározásához szükséges valószínű időtartamot a következőképpen számolhatjuk:

$$t_{val} = \sum_1^n P_i t_{fi}$$

A vasútvonal felkészítésének sémája (ld. 3. sz. melléklet), logikai sorrendje tehát a következő:

1. Kiinduló adatként rögzítjük a vasútvonal igénybevételének tervezett időtartamát, T_f .

2. Meghatározzuk a vonal alapvető elemeinek számát, j .

3. Kiszámítjuk a vonal átbocsátóképességét n , valamint a háborús időszak várható vonatforgalmát: $n_{hv} = n_k + n_{ng}$.

4. Minden j objektumra kiszámítjuk az első és a második ütemben elvégzendő helyreállítási munkák volumenét R_1, R_2 .

5. Meghatározzuk minden j objektum helyreállításához, a szakképzett L_{kv} , és szakképzetlen (helyi lakosság) l_n létszám szükségletet, valamint a munkavégzés hatékonysági tényezőit k_1, k_2, k_3 .

6. Minden j objektum feltételezett rombolásánál meghatározzuk a vonatforgalom szünetelésének időtartamát t_{szj} , a csökkent átbocsátóképességgel történő szállítás időtartamát t_h , az átbocsátóképesség csökkenésének mértékét n_{cs} .

7. Meghatározzuk j objektum rombolása esetén a vonatforgalom feltételes szünetét, t_f .

8. Meghatározzuk j objektum valószínűségét, P_j .

9. Kiszámítjuk a vasútvonal üzemszünetének valószínű időtartamát:

$$t_{val} = \sum_1^n P_j t_{fj}$$

10. Meghatározzuk a vonal valószínű átbocsátóképességét háborús időszakban:

$$n_t = \frac{T_t - t_{val}}{T_t} n$$

11. Ellenőrizzük az átbocsátóképesség elégségségének feltételét: $n_t = n_{hv}$.

12. Ha az elégségség feltétele fennáll, a vasútvonal megfelel a háborús időszak követelményeinek.

13. Ha a vonal számított valószínű átbocsátóképessége nem elégíti ki a feltételt, szükséges a vasútvonal átbocsátóképességét növelő változatok kidolgozása. A változatokat szakértők csoportja dolgozza ki a vonal alapvető objektumaira (hidak, csomópontok, hírközlés)

14. Minden változatot megvizsgálunk a 4–11. pontok szerint.

15. Az elégségség feltételét kielégítő változatok közül elsősorban azokat kell választani, melyek megvalósításához az erők és eszközök rendelkezésre állnak.

16. A változatok közül az átbocsátóképességet békében is növelő megoldást választjuk.

17. A változat megvalósítását a feladatok ütemezésével tervbe állítjuk.

Az objektumok, illetve a teljes vasútvonal életképességét növelő építési feladatok, szervezési rendszabályok megválasztását mindig az elérendő cél, a rendelkezésre álló erők és eszközök, a konkrét körülmények és követelmények határozzák meg.

Egy földrajzi területi egység vagy front (HDS) sávja közlekedési hálózatának vizsgálata – az összes ágazat komplex felhasználásának követelménye miatt – bonyolult, terjedelmes feladat. A vizsgálat kritériumait, módszereit, a feladat megoldásának logikai sorrendjét következő írásom tartalmazza. (Mellékletek, ábrák a folyóirat végén találhatóak.)