**TECHNICKÉ ODSTŘELY A JEJICH ÚČINKY**

Přednáška č.2

**2. Přednáška**

**Technické odstřely**

 Při rozpojování pevných hornin, ale i zpevněných zemin a stavebních hmot, zůstávají trhací práce stále jediným efektivním prostředkem rozpojování, vyjádřeným nejjednodušším schématem (Obr. 2.1.):

Nástroj rozpojení

Energie výbuchu trhavin

Rozpojení objektu

Objem a kusovitost

Objekt rozpojování

Obr. 2.1.

 Kromě trhacích prací při ražení a hloubení liniových podzemních a důlních děl (obvykle malého rozsahu), jsou trhací práce využívány i při odstřelech (obvykle velkého rozsahu), které sledují nejen rozpojení pevných hornin za účelem ražení nebo těžby nerostu, ale uvolnění prostoru a vzniku nové kvality. Můžeme je označit jako odstřely technické. Patří k nim:

* Hromadné odstřely na povrchových lomech;
* Nátřasný odstřel;
* Trhací práce s řízeným výlomem;
* Trhací práce na stavbách;
* Destrukční trhací práce;
* Bezvýlomová trhací práce;

**2.1. Základy projektování technických odstřelů**

 Vzhledem ke složitosti procesu výbuchu náloží v pevných hmotách není dosud vypracována všeobecně platná teorie, která by byla základem pro inženýrské výpočty. Úspěšné projektování trhacích prací (výpočet hmotnosti náloží a ostatních parametrů rozpojování) vyžaduje kromě zvládnutí teoretických poznatků i mnoho praktických zkušeností.

Základní postulát:

 Každé rozpojení v trhacích pracích se uskutečňuje ve výtrži nebo kráteru. Soustředěná nálož Q nebo táhlá nálož Q při výbuchu v pevné hmotě, v přiměřené vzdálenosti w od rovné neohraničené volné plochy (B≥2.w), rozpojí objem (výtrž) ve tvaru kužele nebo objem ve tvaru trojbokého hranolu (Obr. 2.2. b) se základnami v rovině volné plochy.

 Ukazatel horninové výtrže n je definován:

 $n=\frac{r}{w}$ [-] (2.1)

Kde: r - poloměr nebo polovina základny výtrže [m];

 w – záběr (odporová úsečka, odporová) nálož [m].



Obr. 2.2

Za normální se považuje taková nálož Q, která vytvoří tzv. normální – standartní výtrž (kráter) s úhlem α=90°. V tomto případě je zřejmé, že objem výtrže Vn [m3] je funkcí záběru w [m].

 $V\_{n}=f.(w^{3})$ [m3] (2.2)

Přičemž lze rozlišit tři případy náloží [m3]:

1. **Normální nálož**, se kterou se uvažují při těžebních odstřelech (předpokládá se rozpojení horniny a její posunutí – sesunutí z původního místa uložení). **Ukazatel výtrže n=1 (α=90°, r=w);**
2. **Zesílená nálož** při odstřelech na rozpojení a odhoz (hornina se rozpojí a současné přemístění - odhodí - na potřebnou vzdálenost.) **Ukazatel výtrže n>1(n=1,5 až 2,5) (α>90°, r>w);** Specifická spotřeba trhaviny – měrná nálož se proti 1. případu zvýší (i několikanásobně);
3. **Odlehčená** (zeslabená radiálně nebo axiálně) **nálož**, používaná při otřasné trhací práci (výtrž nevznikne, prizmata výtrže nejsou viditelné, hornina je rozpojena jen v okolí nálože).

**Ukazatel výtrže n<1 (α<90°, r<w);** což znamená snížení měrné nálože v porovnání s 1. případem

K úvahám o velikosti nálože patří definice hustoty výbušin, která má rozhodný význam pro objemovou koncentraci energie v náložovém prostoru.

Rozeznáváme hustoty:

* **Relativní (ρt),** která je objemovou hmotností trhavinové masy v náložkovaných trhavinách. Je udávaná výrobcem. **Rozměr [kg.m-3].**
* **Absolutní** má praktický význam u tekutých výbušnin a **gravimetrická** – má praktický význam u sypkých trhavin. Vyplňuje-li tekutá nebo sypká trhavina celý objem náložového prostoru jsou tyto hustoty hustotami náložovými; jsou udávány výrobcem. **Rozměr [kg.m-3].**
* **Náložová (ρn),** která je dána poměrem hmotnosti trhaviny k užitnému objemu náložového prostoru (objemu utěsněného vrtu). **Rozměr [kg.m-3];**
* **Nabíjecí 𝛾n,** která je dána poměrem objemu trhaviny v náložovém prostoru k objemu náložového prostoru. **Rozměr [-].**

**2.2 Princip výpočtu soustředěných náloží**

Nejjednodušší princip pro soustředěnou nálož zformuloval Vauban (1696):

* nálož Q [kg] je přímo úměrná rozpojenému objemu w3 [m3].

 $Q=k\_{3}.w^{3}$ [kg] (2.3)

Kde k3 je konstanta úměrnosti a představuje nálož na jednotku rozpojeného objemu (**specifická – měrná - spotřeba trhaviny**).

Belidor (1725) stanovil, že jedna část nálože musí být úměrná nově vytrženému povrchu horninové výtrže (w2) a druhá rozpojovanému objemu (w3):

 $Q=k\_{2}.w^{2}+k\_{3}.w^{3}$ [kg] (2.3)

Kde k2 a k3 jsou konstanty.

 Všeobecně platný princip pro výpočet hmotnosti individuální soustředěné nálože byl zformulován na základě těchto úvah:

 Nálož trhaviny, nutná pro rozpojení horniny v objemu výtrže, je funkcí všech proměnných, které ovlivňují proces výbuchu:

* při sérii výbuchů ve stejné hornině a stejném záběru w bude s růstem hmotnosti nálože Q růst i velikost výtrže rk. neboli n. Nálož musí být funkcí n, tedy Q=f (n).
* Bude-li se při sérii výbuchů měnit záběr nálože w a tvar kráteru bude stejný (n=konst.), pak s růstem záběru musí růst i hmotnost nálože Q, tedy Q=F (w).
* Z poznatků 1. A 2. Plyne, že pro výbuchy s proměnnými parametry **w** i **n** musí platit:

 Q=f (n) F (w) s podmínkou f (n)=1 při n=1 (2.4)

 Tvar funkce F (w) lze odvodit teoreticky. Uvažujeme standartní kuželovou výtrž (n=1) a předpokládejme, že nepůsobí gravitační pole a vazby na kontaktní ploše výtrže s okolní horninou. Pak je zřejmé, že energie výbuchu a tedy i nálož potřebná k udělení stejné počáteční rychlosti a deformací tělesa výtrže při různých záběrech w, je úměrná jeho hmotě, tedy Qkin~w3. Působí-li gravitační pole, je třeba dodat energii (nálož) potřebnou k vynesení těžiště výtrže z původní polohy na úroveň povrchu horniny; energie je úměrná součinu tíhy tělesa výtrže (w3) a dráhy w; tedy Qgrav~w4. Působí-li na kontaktu tělesa horniny a výtrže vazební síly, pak k jejich překonání je třeba energie úměrné povrchu kráteru a tedy Qvaz~w2. Pak pro celkovou nálož se dá napsat:

 Q=(Qvaz + Qkin + Qgrav) f(n) (2.5)

 Langefors (1953) pak zformuloval všeobecně platný princip, z něhož vycházejí i moderní koncepce výpočtu válcových náloží

 Q=k2.w2 + k3.w3 + k4.w4 =0,07.w2 + 0,35.w3 + 0,004.w4[kg] (2.6)

 Kde koeficienty k2=0,07 kg.m-2 a

 k3=0,35 kg.m-3 byly stanoveny experimentálně

 a hodnota k4=0,004 kg.m-4 byla stanovena výpočtem

Vztah 2.6 platí pro rozmezí hodnot w≈1,5 až 15 m.

 Teoretickou cestou odvodil a experimentálně ověřil Pokrovskij vzorec f(n)=((1+n2)/2)2, platný v širokých mezích 0,7 ≤ n ≤ 20. Na základě výše uvedeného doporučuje teorie jako nejpřesnější vzorec:

 $Q=F\left(w\right). f\left(n\right)=(k\_{2}.w^{2}+k\_{3}.w^{3}+k\_{4}.w^{4}).\left(\frac{1+n^{2}}{2}\right)^{2}$ (2.7)

Vzorec platí pro soustředěnou nálož. Pro nálože táhlé (válcové) doporučuje teorie určovat poměrnou táhlou nálož (nálož připadající na jednotku délky vrtu) podle vztahu:

 $\dot{Q}=\frac{Q}{l}=(k\_{2}.w+k\_{3}.w^{2}+k\_{4}.w^{3}).\left(\frac{1+n^{2}}{2}\right)^{2}$ (2.8)

**2.3. Princip rozpojování a výpočtu válcových náloží**

Při rozpojování válcovými náložemi jsou vývrty paralelní s hlavní volnou plochou a mezi sebou navzájem. Přitom rozeznáváme (Obr. 2.3. a 2.4.) při neohraničené šířce volné plochy:

* Nálože s upnutím v patě;
* Nálože bez upnutí v patě;
* Soustava náloží umístěných za sebou (čtvercové schéma);
* Soustava náloží umístěných střídavě (trojúhelníkové schéma);
* Soustava svislých paralelních náloží (plošný odstřel).



Obr. 2.3.

1. Skupina dvou náloží s upnutím v patě
2. Skupina náloží bez upnutí v patě

HSV – hlavní směr výbuchu



Obr. 2.4. Případy válcových náloží a těles rozpojení výbuchem na neohraničenou šířku volné plochy

1. Soustava náloží umístěných za sebou (čtvercové schéma)
2. Soustava náloží umístěných střídavě (trojúhelníkové schéma)
3. Soustava svislých náloží (plošný odstřel)

HSV – hlavní směr výbuchu

**2.3.1. Objemová metoda výpočtu válcových náloží**

Vychází ze vztahu (2.3) podle Vaubana:

 $Q=k\_{3}.w^{3}$ [kg] (2.9)

 Kde :

* koef. **k3** je totožný s měrnou náloží **q [kg.m-3].**
* **w** je záběr nálože [m]. Tyto hodnoty je vždy nutno určit výpočtem (na rozdíl od soustředěných náloží, kde se záběr volí).

Objem w3 ze vztahu (2.9) vyjadřujeme pomocí základních geometrických parametrů **w, H, a, (viz. Obr.2.3.)** a dále dosadíme **k3=q**

 $Q=q.a.H.w$ [kg] (2.10)

Po vydělení vztahu (2.10) výškou etáže H a zavedením koeficiuntu sblížení náloží **m** dostaneme

$\frac{Q}{H}=q.a.w=p$ [kg.m-1] (2.11)

 Kde:

* **a** – je vzdálenost (rozteč) vrtů v řadě – rozestup náloží [m]
* **p** – hmotnost trhaviny v 1 m vrtu – koncentrace nálože trhaviny ve vrtu [kg.m-1].

Dále zavedeme součinitel sblížení náloží m, který je definován jako poměr rozteče náloží **a** k jejich záběru **w**:

$m=\frac{a}{w} =>a=m.w$ [m] (2.12)

a dostaneme:

$\frac{Q}{H}=q.m.w^{2}=p$ [kg.m-1] (2.13)

$w=\sqrt{\frac{p}{q.m}}$ (2.14)

Součinitel m se stanovuje předem v doporučených hodnotách:

* těžební odstřely m≥1;
* trhací práce bez řízeného výlomu m≈1;
* metody řízeného výlomu m≤0,8.
* p – hmotnost trhaviny v 1m vrtu, tzv. koncentrace trhaviny ve vrtu:

 $p=\frac{π.d^{2}}{4}.ρ\_{n}=0,785.d^{2}.ρ\_{n}$ [kg.m-1] (2.15)

 kde – d je průměr vrtu nebo náložek [m]

 – ρn je náložová hustota trhaviny [kg.m-3]

Pomocí hodnoty p lze vypočítat hmotnost nálože v jednom vrtu (např. podle obr. 2.1.)

 $Q\_{vrt}=p.(L+h-L\_{u})$ [kg] (2.16)