

VÝSLEDKY PROJEKTŮ VVAI A NOVÉ TRENDY VÝVOJE PROTIVÝBUCHOVÝCH ZAŘÍZENÍ HRÁZOVÝCH OBJEKTŮ

ABSTRAKT:

Jsou prezentovány výsledky projektů pro řešení krytí prostupů v protivýbuchových hrázových objektech při protivýbuchové ochraně dolů a nové směry vývoje v této oblasti. Uvedeny konkrétní případy nadlimitních rozměrů.

This report summarizes results of projects engaged on coverage of openings in explosion-proof dams used as a part of explosion protection in coal mines. Furthermore, this report shows new trends in this field of research and development. Some examples of specific oversized cases are covered.

Hlavní účel budování průchozích výbuchuvzdorných hrázových objektů v důlních dílech spočívá v protivýbuchové izolaci větrných oblastí dolů s možností regulace množství větrů při zachování dopravních cest materiálu, důlní techniky, těživa a pracovníků. V případě vzniku havarijní situace musí tyto objekty odolat předpokládanému výbuchovému tlaku velikosti 0,5 MPa nebo 1MPa (ochránit před tlakovými účinky výbuchu) a současně zabránit přenosu možného výbuchu do ostatních důlních děl. Hrázové objekty jsou osazovány jednotlivými výbuchuvzdornými zařízeními. Mezi tato zařízení, která jsou zabudována nebo zavěšena do hrázových objektů, patří hrázové dveře, hrázové lutny, hrázové průvětrníky, průchody pro pásový dopravník a účelová potrubí.

VVUÚ, a.s. se ve své šedesátileté historii cíleně věnoval výzkumu a vývoji zařízení pro vybavení hrázových objektů na přelomu osmdesátých a devadesátých let a do roku 2000 vznikly ucelené řady protivýbuchových dveří, průvětrníků a rovněž průchody pro pásové dopravníky. Další vývoj hrázových dveří měl víceméně inovační charakter s reakcí na úpravy dle speciálních požadavků.

Průlomem byl rok 2008, kdy v souvislosti s požadavky na dopravu technologických celků v rámci programu POP 2010 v OKD, bylo zapotřebí zvětšit průjezdnost nových hrázových objektů.

Společnost VVUÚ, a.s. finančně zajistila a realizovala vlastní projekt vývoje a zkoušek nových hrázových dveří podle technických požadavků pro průjezdnou šířku 2200 mm a výšku 2500 mm

Po navržení základních variant konstrukčního řešení jsme oslovili pracovníky strojní fakulty VŠB-TU Ostrava s požadavkem na ověření a určení nejvhodnějšího řešení pomocí matematického modelování.

Řešení zadané úlohy bylo provedeno metodou konečných prvků programem ANSYS verze 11. Základní geometrický model hrázových dveří byl sestaven podle dodané výkresové dokumentace. Výpočtový model hrázových dveří byl získán diskretizací geometrického modelu. Při modelování byly použity skořepinové prvky „shell181“ z knihovny programu Ansys, které jsou vhodné pro analýzu tenkých až středně tlustých skořepinových konstrukcí. Prvek je velmi vhodný pro výpočty v oblasti lineární elasticity, i pro aplikace nelineární, kdy dochází k velkým natočením a velkým přetvořením. Pro vytvoření modelu FEM bylo použito více než 20 000 prvků.

Materiály, ze kterých jsou vyrobeny hrázové dveře se předpokládají homogenní a izotropní. Vzhledem k tomu, že nebylo známo chování materiálu dveří při velkých

deformačních rychlostech, byl výpočet proveden pro statické zatížení plochy dveří tlakem 1 MPa. Byl použitý bilineární materiálový model s izotropním zpevněním. Pro navržení bilineárního materiálového modelu byly využity podklady nalezené v dostupné literatuře a poznatky získané z výsledků měření, které bylo provedeno na Katedře pružnosti a pevnosti VŠB-TU Ostrava v dřívější době

Okrajové podmínky vyplývají z uložení hrázových dveří, a ze zatížení hrázových dveří. Geometrické okrajové podmínky byly definovány tak, aby odpovídaly interakci hrázových dveří s okolím. Kontaktními prvky Target170 a Conta174 je modelován kontakt mezi zárubní a odpovídajícími částmi rámu dveří. Silové okrajové podmínky jsou dány předepsaným tlakem 1 MPa, který působí z jedné strany dveří. Skutečné zatížení dveří má velmi strmý náběh a krátkou dobu trvání (desítky milisekund).

Byly provedeny dva typy výpočtů – lineární elastický výpočet a elastoplastický výpočet. Lineárně elastické řešení dává představu o nejmenších možných deformacích dveří za daných podmínek. Elastickoplastický výpočet dává představu o nejvyšších možných deformacích (viz obr. č. 1). Vzhledem k velké rychlosti nárůstu zatížení a jeho krátkodobému trvání lze očekávat, že výsledné deformace budou mnohem menší.

Výstupem modelu byla nutnost konstrukčních úprav, zejména zesílení profilů rámu konstrukce dveří. Navržené úpravy dveří spočívaly v zesílení profilů rámu konstrukce dveří, zvětšení mezery mezi oběma křídly dveří, překrytí vzniklé větší mezery mezi oběma křídly dveří pásem o větší šířce a tloušťce připevněným ke konstrukci dveří šrouby.

Po zesílení a úpravě konstrukce hrázových dveří došlo, k podstatnému poklesu maximálních vypočtených hodnot ekvivalentního napětí, ekvivalentního plastického přetvoření a výsledného posunutí pro pružně-plastické řešení. Na základě těchto výsledků lze předpokládat, že při použití upravené konstrukce hrázových dveří by nedošlo k porušení dveří tvárným lomem ani při statickém zatížení tlakem 1 MPa. Vypočítané největší posunutí je mezní hranicí pro trvalou deformaci dveří.

Konečný návrh byl rozkreslen do výrobní výkresové dokumentace, byl vyroben prototyp hrázových dveří typu HDDK-ZD-5-1. (viz obrázek č. 2) a odzkoušen dynamickým výbuchovým zatížením 1 MPa v pokusné štole na Štramberku. Výsledky zkoušek potvrdily výpočtové modely vypracované pracovníky VŠB-TUO. Výrobek byl certifikován a zaveden do výroby.

Vývoj bezpečnostní uzavírací klapa průchodu dopravníku izolačním objektem (PDIO) byl jedním ze čtyř dílčích celků se samostatným výstupem v rámci řešení programu TIP s názvem „Výzkum a vývoj bezpečnostních prvků požárních a výbuchových systémů v průmyslu“, č. projektu FR-TI1/445, realizovaného v období 2009 až 2010 s finanční spoluúčastí VVUÚ, a.s.

Bezpečnostní uzavírací klapa PDIO reaguje na základě prudkého nárůstu tlaku. V potřebném čase musí dojít k uzavření klapa PDIO v otvoru pro průjezd pásového dopravníku ve výbuchovzdorném hrázovém objektu. Její funkce je založena na známém principu, kdy tlakovzdušná vlna předbíhá šířící se plamennou zónu a uzavřením klapa se zamezí šíření tlaku i plamene. Obecně je klapa PDIO určena pro výbuchovzdorné oddělení prostor s kontinuální pásovou dopravou hořlavého materiálu v dlouhých chodbách, je použitelná v protivýbuchové ochraně dolů s nebezpečím výbuchu plynů a prachu.

Navrhované řešení využívá šikmého zavěšení klapa směrem k možnému působení tlaku a vlastní hmotnost klapa spolupůsobí s vzdušnou rázovou vlnou na její plochu při uzavření.

Zadávací podmínky byly následující:

- konstrukce PDIO pro šířku pásu 1 400 mm musí odolat výbuchovému tlaku jeden MPa a současně zabránit přenosu výbuchu,
- PDIO musí být funkční již při výbuchové přeměně v oblasti explozivního hoření, které vyvodí tlak 30 až 40 kPa,
- konstrukce PDIO po zatížení výbuchem může vykazovat místní trvalé deformace, které nesmí ovlivnit funkční spolehlivost zařízení.

Na základě stanovených zadávacích podmínek a doplňujících požadavků byla stanovena základní koncepce řešení, včetně dílčích návazných problematik.

Základním kritériem řešení projektu byla odolnost konstrukce klapy proti tlakovým účinkům výbuchu, ověřená matematickým modelováním.

Hlavní pozornost byla zaměřena na vypracování návrhu technického řešení PDIO s nejdůležitějšími nosnými konstrukčními prvky. Jedná se o základní nosný rám, uzavírací poklop, střední a spodní příčnický.

Uzavírací výkyvný poklop je uchycen k rámu pomocí horizontálních závěsů. Poklop je řešen jako rámová konstrukce, vyplněná ocelovou membránou přivařenou v kritickém místě rovněž na zesílený příčník rámu. Poklop je zavěšen na pojistném prvku, který stabilizuje vychýlení poklopu v požadované poloze. Tento pojistný prvek po dopadu výbuchové vlny na hrázový objekt uvolní poklop a dojde k uzavření průchozího otvoru v hrázi. Konstrukční řešení poklopu bylo vedeno snahou rozložit rovnoměrně napěťové stavy a současně snížit na optimum celkovou váhu poklopu.

Na střední příčník jsou uchyceny převáděcí válečky a zarážky k zablokování uzavření poklopu po výbuchu. Současně tento vykrývá volný prostor mezi tažnou a vratnou větví pásu. Na spodní příčník je uchycen váleček pro spodní pás a současně tento příčník vykrývá prostor v hrázovém tělese.

Matematické modelování provedli podle zadání pracovníci FS VŠB-TU Ostrava.

Obdobně jako při modelování hrázových dveří i při výpočtu uzavírací klapy byla při modelování použita metoda konečných prvků. Jako pre- a postprocesor byl použit software Patran 2010.1.2, jako řešič software Marc 2010. Oba softwary jsou od firmy MSCSOFTWARE. Základní geometrický model hrázových dveří byl sestaven na základě dodané výkresové dokumentace. Výpočtový model hrázových dveří byl získán diskretizací geometrického modelu. Z důvodů snížení časové náročnosti řešení bylo využito symetrie úlohy (úloha je symetrická co do tvaru, okrajových podmínek i zatížení) a byla modelována pouze jedna polovina poklopu. Při modelování byl použitý čtyřuzlový skořepinový prvek č. 139 z knihovny programu Marc. Prvek má 4 uzly, v každém uzlu 6 stupňů volnosti: posuvy ve směrech os x, y, z a rotace kolem os x, y, z. Prvek je velmi vhodný pro výpočty v oblasti lineární elasticity, i pro aplikace nelineární, kdy dochází k velkým natočením a velkým přetvořením. Pro vytvoření modelu FEM bylo použito 3113 prvků a 3091 uzlů.

Materiál, ze kterého je poklop vyroben, se předpokládá homogenní a izotropní. V modelu se vyskytují dva materiály, ocel 11 523 a ocel 11 375. Základní mechanické vlastnosti ocelového plechu, ze kterého byl vyroben spodní nosný příčník (ocel 11 523), byly stanoveny standardní zkouškou tahem za okolní teploty. K popisu rozvoje plastických deformací byl použitý elastoplastický model materiálu s kinematickým zpevněním. Vliv velkých deformací rychlostí na chování materiálu poklopu není znám, a proto nebyl do výpočtu zahrnut.

Okrajové podmínky vyplývají z uložení poklopu. Geometrické okrajové podmínky byly definovány tak, aby odpovídaly interakci poklopu s nosným rámem. Rotační vazba v místě os čepů umožňuje otáčení poklopu vzhledem k nosnému rámu. Kontakt otočné

části s rámem v okamžiku uzavření objektu je modelován pomocí dvou kontaktních těles, tuhého rámu a pružného poklopu.

V rovině symetrie jsou odebrány potřebné vazby. Silová okrajová podmínka je dána předepsaným tlakem 1 MPa, který působí z jedné strany objektu. Obvodová rychlost hmotných částic poklopu je lineárně rozložena v závislosti na jejich vzdálenosti od osy čepů.

Ze získaných výsledků vyplývá, že membrána i spodní příčník poklopu jsou navrženy s dostatečnou rezervou, takže při zatížení tlakem 1 MPa nedojde k jejich destrukci. Vzhledem k rychlému nárůstu a krátké době trvání zatížení lze předpokládat, že trvalé deformace uvedených dvou částí poklopu budou malé (viz obr. 3), protože lineárně elastické i elasticko plastické řešení dalo pro zmíněné dva díly velmi blízké výsledky.

Z výstupů řešení byla zpracována výrobní výkresová dokumentace uzavírací klapky PDIO s označením PDIO-7, podle níž byl vyroben prototyp uzavírací klapky pro zkoušky funkčnosti a odolnosti výbuchovému tlaku.

Modelování výbušných systémů v pokusné štole na Štramberku pro zkoušky výbuchovzdornosti je podmíněno požadavkem dosažení výbuchového tlaku 1 MPa, měřeného na hrázi. Definovaný výbušný systém (metanovzdušná směs a rozvířený uhelný prach) vytvoří ve své konečné fázi výbušný hybridní systém vhodný pro požadované zkoušky.

Pro funkční zkoušky PDIO byl dán požadavek, aby zařízení bylo odzkoušeno také v oblasti intervalu výbuchových tlaků 30 až 40 kPa a aby byla zjištěna funkční spolehlivost i v oblasti těchto relativně nízkých intenzitních parametrů.

Pro analýzu výbuchových přeměn bylo nutno zabezpečit, aby měřicí systém instalovaný v pokusné štole umožnil snímat a registrovat tyto parametry :

- čas iniciace výbušného systému (časová nula),
- tlakový nárůst čela vzdušné rázové vlny (VRV),
- rychlost postupu čela tlakového maxima,
- reflexní tlak na hrázovém tělese,
- maximální rychlost odražené vlny,
- maximální rychlost šíření výbuchového plamene,
- čas uzavření PDIO po odpadu VRV,
- registrace průšlehu výbuchového plamene (ano – ne).

Zkouškami byla ověřena výbuchovzdornost PDIO-7 proti dynamickému tlaku 1 MPa (viz záznam na obrázku č. 4) i proti přenosu plamene. Byla ověřena funkčnost uzavíracích mechanismů v oblasti nárůstu tlaků 30 až 40 kPa pro střížnou pojistku (viz obrázek č. 5) a dále pro nově navržený systém hmotnostního vyvážení klapky pomocí korýtek naplněných vodou (obrázek č. 6) nebo vodních vaků, které jsou standardně používány ke stavbě protivýbuchových uzávěr v dole. Zkouškami byl plně potvrzen předpoklad spolupůsobení vodní clony proti přenosu plamene výbuchu přes hrázový objekt s PDIO. Nový produkt byl certifikován a uveden do výroby.

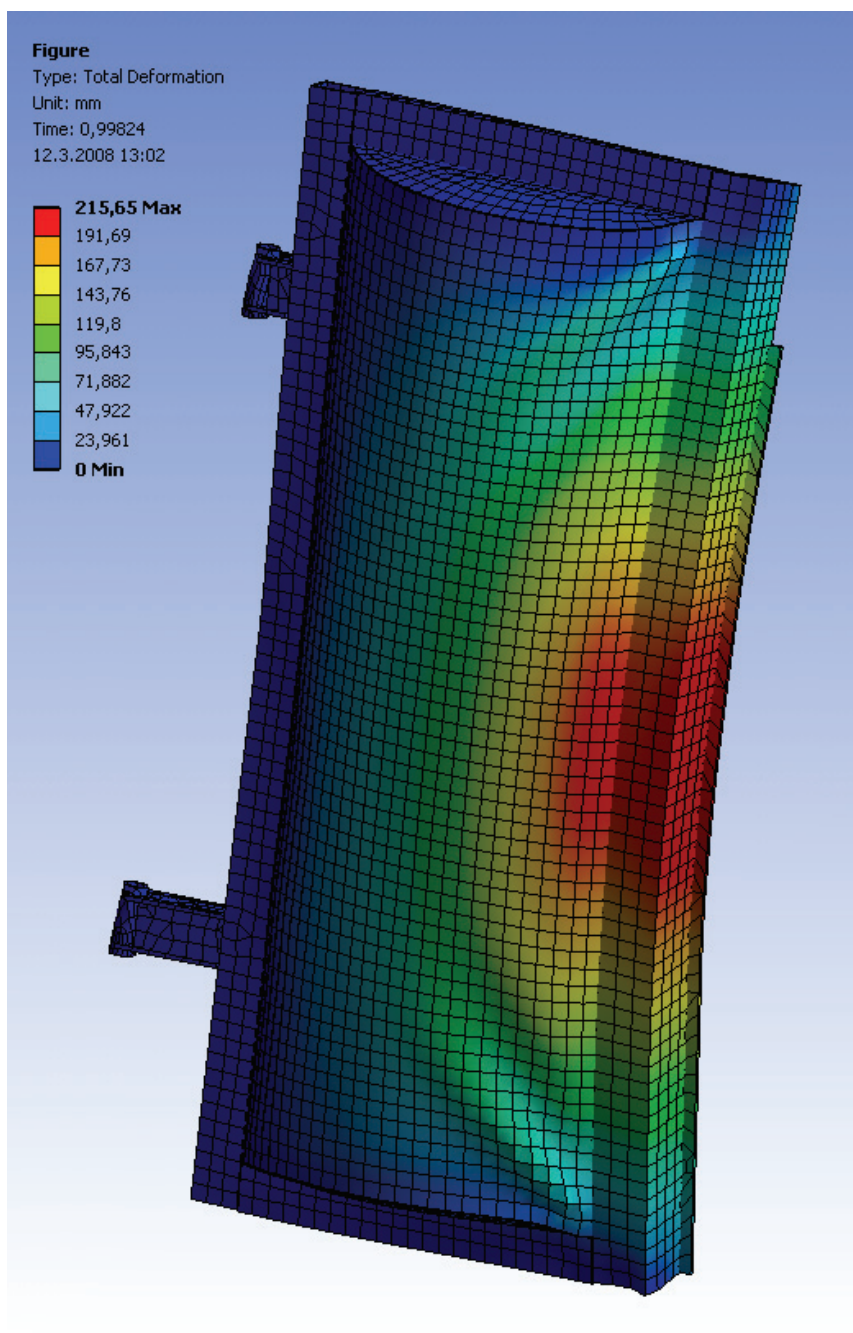
Na základě posledních požadavků byl v letošním roce zahájen vývoj hrázových dveří rozměrů 2900mm x 2900mm, které jsou určeny do profilů důlních děl 24 m² a větších.

Koncepce konstrukčního návrhu nového typu HDDP-ZD-6-1 (viz obrázek č. 7) navazuje na již popsanou rozměrovou řadu HDDK-ZD-5-1, ale vzhledem k vzrůstajícím rozměrům je navrženo dost podstatných změn v konstrukci a materiálu, např. tloušťka membrány, změna konstrukce pantů, zesílení příčníků křídel hrázových dveří a změna systému otevírání.

Standardně již spolupracujeme s pracovníky strojní fakulty VŠB-TUO. Výbuchové zkoušky jsou plánovány v období září 2011 a poté bude vývoj tohoto typu ukončen.

Seznam obrázků:

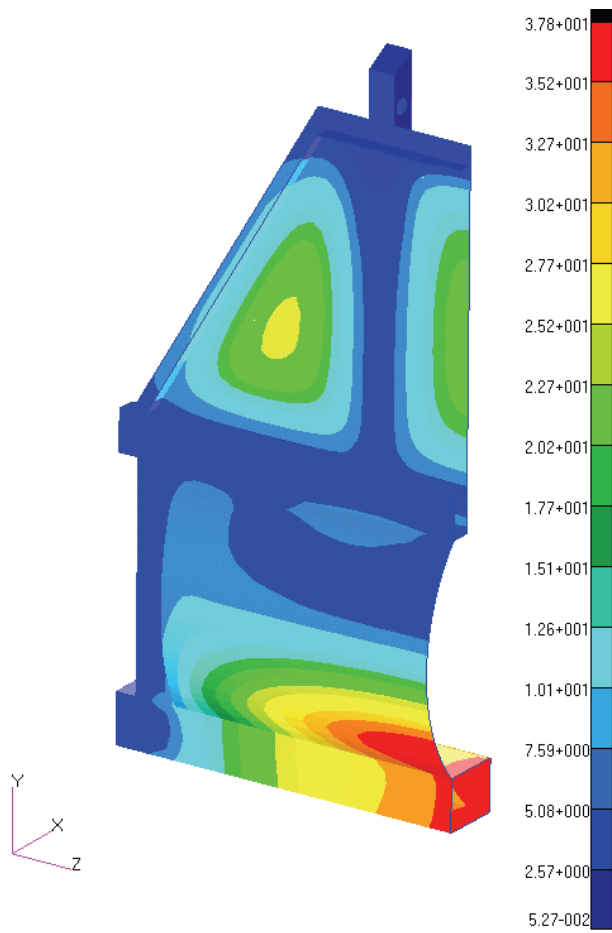
- Obr. 1 Průhyby dveří
- Obr. 2 Dveře HDDK-ZD-5-1, pohled proti hrázi
- Obr. 3 Průhyby klapa
- Obr. 4 Grafický záznam průběhu tlakové zkoušky
- Obr. 5 PDIO-7 se střížnou pojistkou (příprava zkoušky)
- Obr. 6 PDIO-7 s hmotnostní pojistkou – vodní korýtka
- Obr. 7 Navržená konstrukce hrázových dveří HDDP-ZD-6-1



Obr. 1 Průhyby dveří

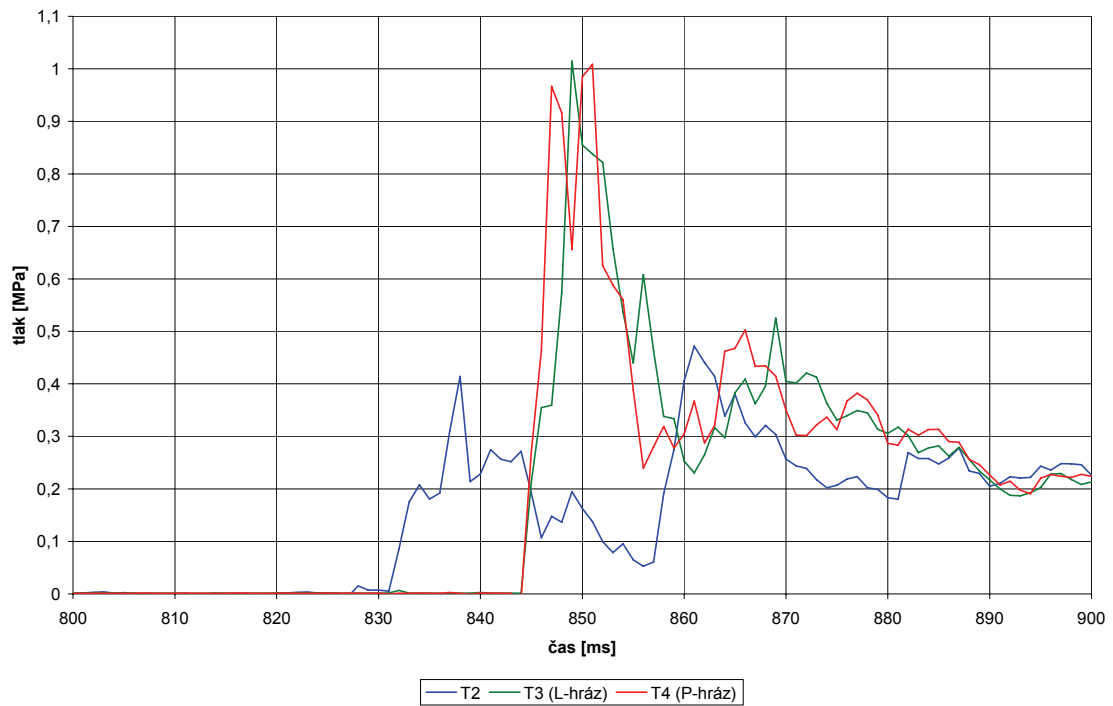


Obr. 2 Dveře HDDK-ZD-5-1, pohled proti hrázi



Obr. 3 Průhyby klapa

PDIO 7 - zkouška 1MPa



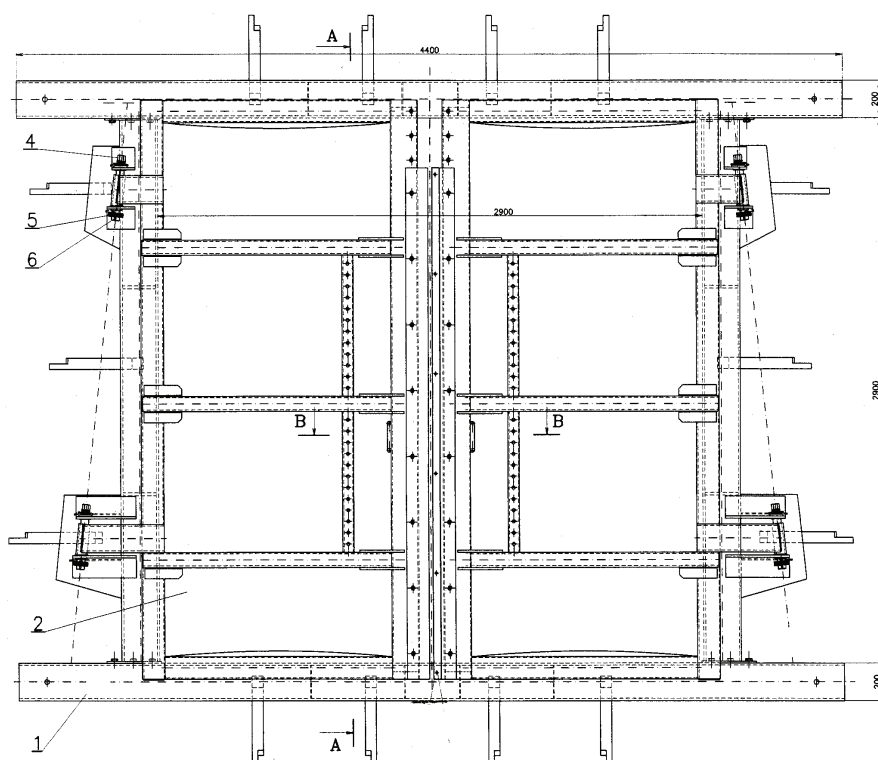
Obr. 4 Grafický záznam průběhu tlakové zkoušky



Obr. 5 PDIO-7 se střížnou pojistkou (příprava zkoušky)



Obr. 6 PDIO-7 s hmotnostní pojistkou – vodní korýtka



Obr. 7 Navržená konstrukce hrázových dveří HDDP-ZD-6-1