

Rekonverze plynojemu v NKP Dolní oblast Vítkovic na multifunkční aulu



Ing. Miloslav Lukeš

Ve firmě Excon, a.s., působí jako projektant-statik od ukončení studií na FSV ČVUT, obor konstrukce a dopravní stavby. Projektovал mnoho významných staveb, z nichž lze jmenovat např. velkorozponový hangár v Mošnově, stožáry, komíny. V současné době působí jako vedoucí projektu rekonverze plynojemu a vysoké pece ve Vítkovicích.

E-mail: lukes@excon.cz

Spoluautor:

Ing. Vladimír Janata, CSc.

E-mail: janata@excon.cz

Národní kulturní památka Dolní oblast Vítkovic nedaleko centra Ostravy s unikátním komplexem industriální architektury je v současné době svědkem velmi zajímavé, citlivé rekonverze původně průmyslové stavby odstaveného plynojemu. V jeho vnitřním prostoru se buduje hlediště, jeviště a další konstrukce potřebné pro zajištění provozu nového multifunkčního centra. Vzniká tak gigantický prostor o objemu cca 110 000 m³, který bude využíván pro pořádání kulturních a společenských akcí.

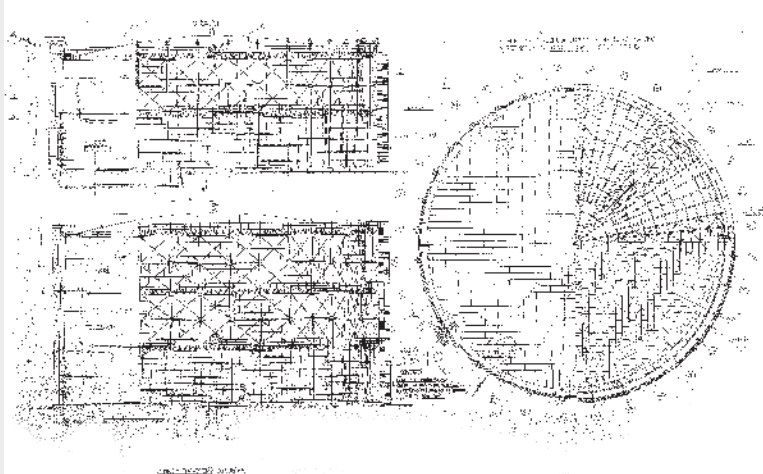
Historie a funkce plynojemu

Plynojem byl postaven v letech 1924–1925 a sloužil až do roku 1998, kdy byla ve Vítkovických vysokých pecích po 162 letech ukončena výroba železa. První větší oprava byla zahájena v roce 1969. Tehdy došlo k opravě zejména netěsného zvonu plynojemu, aby nedocházelo k únikům plynu. Generální rekonstrukce v roce 1983 zahrnovala výměnu zvonu a vyrovnaní náklonu nádrže vzniklého vlivem nerovnoměrného sedání podloží poddolovaného území. Po této opravě plynojem sloužil až do ukončení provozu v roce 1998.

Z funkčního hlediska se jedná o tzv. mokrý plynojem s proměnným objemem plynu stálého tlaku. Má pevnou spodní část v podobě válcové nádrže, do níž se zasouvá pohyblivý zvon ukončený vrchlíkem. Úniku plynu zabraňuje vodní těsnění. Plynojem o maximálním objemu 50 000 m³ jímá vyčištěný vysokopecní plyn a udržuje stálý tlak v plynové síti.

Cíle rekonverze

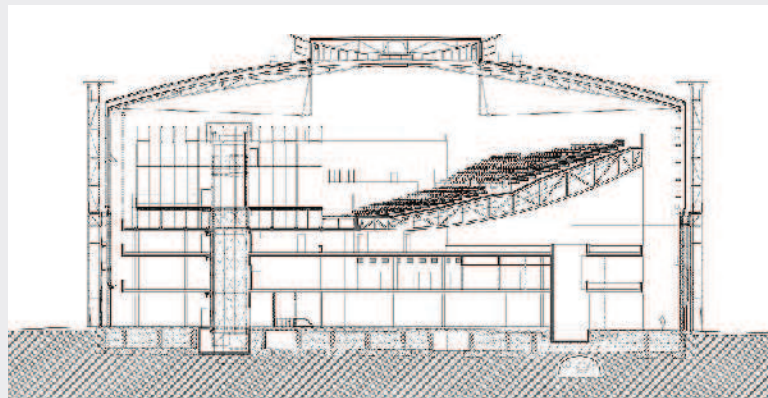
V první etapě stavebních úprav byl zvon plynojemu vyzdvížen o cca 13 m do polohy maximálního objemu plynu, čímž vznikl prostor pro vybudování vnitřních konstrukcí multifunkční auly. Před samotným zdvihem došlo



▲ Mokrý plynojem o objemu 50 000 m³ byl postaven v letech 1924–1925

k zesílení konstrukce zvonu a její úpravě pro nový účel. Úprava zahrnovala zejména novou konstrukci tamburu a přípravu konstrukce pro vytvoření velkoplošného proskleného otvoru.

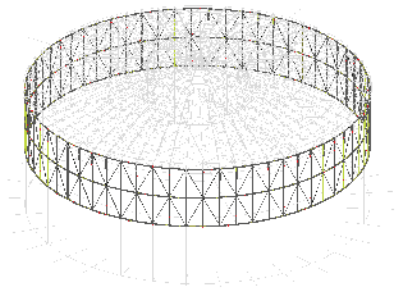
Ve druhé etapě byla střecha a stěna zvonu zateplena novým obvodovým pláštěm, pod který se umístily vzduchotechnické jednotky a další technologie. Opravila se také konstrukce nádrže, v jejíž stěně byl vytvořen velkoprostorový prosklený otvor. Uvnitř plynojemu byly nezávisle na samotné stavbě plynojemu postaveny ocelové a betonové konstrukce pro hlediště, jeviště, knihovnu a další provozní části budoucí multifunkční auly.



▲ Příčný řez stavbou plynojemu po vybudování nové ocelové a betonové konstrukce pro hlediště, jeviště, knihovnu a další provozní části budoucí multifunkční auly

Konstrukce plynojemu

Průměr nádrže plynojemu činí 71,7 m, výška vodní hladiny dosahuje cca 14 m, průměr pohyblivého zvonu je 70 m a výška plynojemu včetně vrchlíku o vzepětí 5,3 m je 18,5 m. Stěny zvonu plynojemu sestávají ze sloupů a kruhových prstenců v obou okrajích a v polovině výšky. Sloupů i prstenců mají truhlíkový průřez. Stěnu zvonu opláštěje plech, přivařený

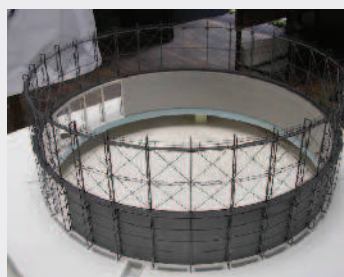


▲ Imperfekce spodních pasů příhradových nosníků

▲ Stěna zvonu plynojemu (vizualizace), detail styku prvků stěny

na horním a spodním prstenci a na horizontálních úhelníkových výztuhách. Nosnou konstrukci kulového vrchlíku tvoří 64 radiálně se sbíhajících IPE270, resp. IPE300 profilů na středním kruhovém svařenci a 13 tangenciálně vedených kruhových prstenců, jež spolu s radiálními prvky tvoří prostorovou strukturu kupole. Celkem 32 radiálních prvků je zakončeno na tangenciálním prstenci o průměru 20,5 m. Příhradovou konstrukcí z válcovaných profilů je ve spodní části vyztuženo 24 radiálních prvků (vždy ve trojicích vedle sebe). Konstrukci pokrývá pětimilimetrový plech. Pouze dva krajní pasy plechů na okraji skořepiny mají tloušťku 12 mm (šířka pasu činí 1,2 m) a 10 mm (šířka pasu je 1,04 m). Radiální vazníky se společně se sloupy zvonu sbíhají v rámovém rohu.

Válcová konstrukce nádrže sestává z plechů tloušťek 10–32 mm. Plechy byly vzájemně nýťovány, styky musely být řešeny vodotěsně. Konstrukci nádrže doplňují 32 příhradových sloupů, jež měly zejména funkci podpory pro vysunutý zvon při zatížení větrem. Zvon byl pomocí kladek umístěných na vrcholu sloupů nádrže zavěšen a úpravou vyrovnávacího závaží byl poté nastaven požadovaný tlak plynu na výstupu z plynojemu.



▲ Model konstrukce plynojemu

Stav plynojemu před konverzí

Po ukončení provozu v roce 1998 byl zvon plynojemu uložen na 32 provizorních podporách. Spodní hrana zvonu se nacházela ve výšce cca 1,5 m nad podlahou plynojemu. Před započatím stavebních úprav byl vnitřní povrch plynojemu mechanicky očištěn. Následně byl proveden podrobný průzkum stavu ocelové konstrukce zvonu a nádrže se zaměřením na zjištění korozních úbytků a na ověření dimenzí a stavu jednotlivých prvků. Zároveň se pomocí technologie 3D scanování zaznamenala skutečná geometrie zvonu.

Závěry z průzkumu konstrukce

Korozní úbytky, které byly měřeny na cca 7500 místech, byly většinou na takové úrovni, že neměly významný vliv na snížení únosnosti prvků. Pouze

▼ Stav před rekonverzí – zvon plynojemu byl spuštěn a uložen na provizorních podporách



na spodním stěnovém prstenci došlo k většímu koroznímu poškození, jež bylo zohledněno redukcí jeho únosnosti. Z funkčního hlediska však bylo nalezeno mnoho nedostatků, se kterými bylo třeba počítat ve statickém posudku. Stěnový a střešní plášť například nebyl přivařen k nosným prvkům zvonu plynojemu. Spodní pasy příhradových nosníků pod radiálními nosníky vykazovaly nadměrné imperfekce ve vodorovném směru (cca 150 mm). Provedení svarů se ukázalo často na velmi nízké úrovni.

Plynojem před stavebními úpravami a po nich z hlediska statického namáhání

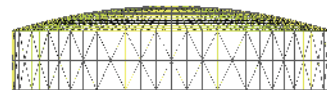
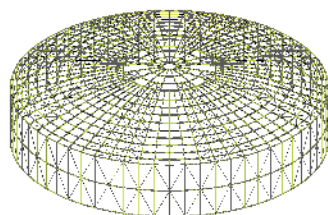
Po rekonverzi jsou zatížení na konstrukci výrazně odlišná (opačná) oproti zatížením působícím na plynojem při jeho provozu.

Při provozu plynojemu nastával ve zvonu přetlak, hlavní nosné radiální prvky střechy byly namáhány tahem, vnější prstenec tlakem. Pouze v případě odstávky byla střecha zatížena svislým zatížením od vlastní tíhy. Po rekonverzi dochází u objektu k zatížení jak vlastní tíhou konstrukce, tak novými stálými zatíženími (skladba nového střešního pláště, jednotky vzduchotechniky, konstrukce tamburu) a proměnnými zatíženími od nových technologií. Dále je zatížen vyššími hodnotami od klimatického zatížení (sněhem a větrem), které odpovídají normám řady EN. Radiální tlačené prvky a obvodový prstenec namáhaný výraznou tahovou silou v rámci nové konfigurace zatížení nevyhověly. Při návrhu bylo také třeba věnovat zvýšenou pozornost posouzení jak globální, tak lokální stability střechy.

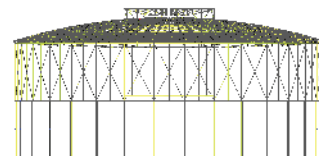
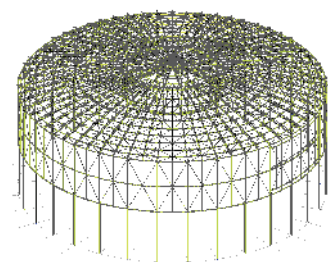
První etapa stavebních úprav

Nové prostorové vzpínadlo

Netradičním řešením problému nevyhovujících prvků zvonu, jež nahradilo plošné zesilování všech prvků, bylo umístění předpjatého prostorového radiálního vzpínadla. Tvořilo jej šestnáct předpjatých táhel Macalloy M64, střední příhradový vodorovný prstenec s vnějším průměrem 22,6 m, vzepřený o vrchlík šestnácti sloupů se vzpěrami.



▲ Plynojem před stavebními úpravami. Statický model zvonu (vizualizace).

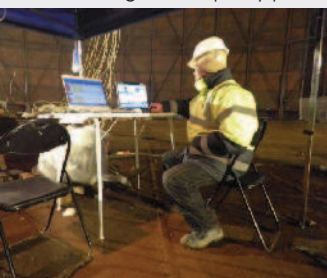


▲ Plynojem po stavebních úpravách. Statický model zvonu na nových sloupech (vizualizace).



▲ Nové prostorové vzpínadlo, s prstencem o průměru 22,6 m

Táhla jsou na vnější straně kotvena ke stávajícímu vnějšímu kruhovému prstenci, na vnitřní straně pak k novému střednímu prstenci. Vzpínadlo zajistilo příznivou redistribuci vnitřních sil tak, aby většina stávajících prvků vyhověla své nové funkci. Síla ve vnějším kruhovém prstenci se snížila o cca 25 %, a zesilovat jej tedy nebylo nutné. Zesíleny byly pouze některé tangenciální prvky poblíž rámového rohu.



▲ Tenzometrické měření sil v táhlech

Konstrukce vzpínadlem byla výhodně zesílena před zdvihem zvonu, kdy se spodní hrana kulového vrchlíku nacházela ve výšce cca 13 m. Táhla se předpínala přes napínákové matice, přičemž síly na všech táhlech byly měřeny on-line, nalepenými tenzometrickými plnými můstky. Předpínací postup, připravený s použitím matice vzájemného ovlivňování táhel, zajistil optimální předpínání ze stavu sil změřených po montáži k projektovaným silám (cca 250 kN).

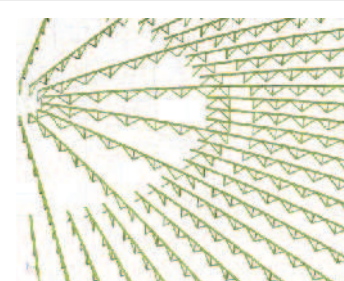
Zesilující příhradové nosníky na střeše

V rámci první etapy byly namontovány zesilující příhradové nosníky přivařené z vnější strany ke všem 64 radiálním hlavním nosným prvkům střechy zvonu. Ty tvořily spodní pas nově vytvořeného příhradového nosníku. Nově vyrobené konstrukce sestávají z dílců horního pasu, svislic a diagonál. Horní pas je tvořen T profilem s pasnicí šířky 120 mm pro uložení nosného trapézového plechu. T profil je osazen cca 600 mm nad povrchem stávajícího plechu. Nové konstrukce se stávajícím nosníkem byly spojeny tak, že ve střešním plechu byly nejprve vyříznuty otvory, jejichž okraje se vodotěsně přivařily k hornímu pasu stávajících nosníků. Svislice jsou přivařeny přímo na horní pas stávajícího nosníku ve vzniklém otvoru. Diagonály byly přivařeny na svislice. Konstrukce zesilujících radiálních nosníků pokračuje i na sloupech zvonu v délce cca 2,0 m. Zesilující nosníky mají zásadní příznivý vliv na stabilitu tlačných prvků i na globální stabilitu skořepiny.

Celkem 64 nových radiálních příhradových nosníků doplňují dva kruhové tangenciální příhradové prstence, připojené k tangenciálním kruhovým nosným prvkům střechy obdobným způsobem jako radiální příhradové nosníky.

Touto konstrukční úpravou se mezi stávajícím plechem zvonu plynojemů a zateplenou skladbou střešního pláště vytvořil větraný prostor, jenž je využit pro uložení technologie (vzduchotechnika, sprinklery, elektroinstalace apod.).

S ohledem na požadovanou požární odolnost konstrukce je objekt vybaven zařízením pro nucený odtah tepla a kouře (OTK) a sprinklery. Potrubí, instalované ve druhé etapě výstavby, je umístěno na stávající střeše. Potrubí OTK je tvořeno tangenciálním kruhovým potrubím a radiálními rozvodnými paprsky, umístěnými v prostoru mezi příhradovými nosníky. V místě průchodu tangenciálního prstence novými příhradovými nosníky je konstrukce zesilujících nosníků rámová. V návaznosti na instalaci OTK se stanovily parametrické požární křivky, které pro jednotlivé prostory uvnitř

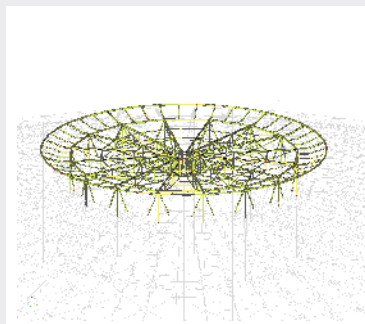


▲ Nové zesilující příhradové nosníky na střeše

plynojemů popisovaly rozvoj teploty plynů v čase. Tyto křivky činily vstup pro požární posudek jednotlivých nosných prvků v plynojemů.

Nová konstrukce tamburu

Nad středem střešního vrchlíku byla umístěna nová kruhová konstrukce tamburu o průměru 20,6 m. Střešní konstrukce, jejíž vnitřní povrch má akustický účel, má tvar obráceného kulového vrchlíku s radiální strukturou vazníků. Pasy těchto vazníků se sbíhají na centrálním kruhovém příhradovém válci. Obvodové sloupy z čtvercových trubek slouží jako podpory pro prosklený plášť. Střecha tamburu je po celém obvodu rozšířena konzolami o cca 2,5 m, nad nimiž budou zavěšeny žaluzie. Voda zachycená obvodovými žlaby se pomocí čtyř svodů odvádí z tamburu na střechu zvonu.



▲ Nová konstrukce tamburu (celkový průměr s konzolou činí cca 25,5 m)

Zdvih zvonu plynojemů

Konstrukce zrekonstruovaného zvonu plynojemů o hmotnosti 800 t byla šplhavým způsobem vyzdvihena o cca 13 m, a to s použitím hydraulických lisů o nosnosti 100 t, uložených na šestnácti nově instalovaných sloupech. Výška zdvihu každého z 29 technologických kroků činila cca 460 mm. Konstrukce se během každého kroku dorovnávala po 90 mm. Sloupy tvořené dvěma dřívky z U profilů byly umístěny z obou stran pláště zvonu v osové vzdálenosti 390 mm. Při postupném zdvihu se mezi dřívky sloupů odspodu montovaly diagonály. Příhradový sloup se tak postupně kompletoval.

Práce na všech šestnácti stanovištích probíhaly synchronizovaně, komunikaci zajišťovaly vysílačky. Během zdvihání zvonu se kontrolovaly síly na jednotlivých stanovištích a výšky zdvihu. Jako maximální rozptýl výšek zdvihu se určila hodnota 20 mm. V rámci jednotlivých technologických kroků byly nosná konstrukce, resp. lisy, ukládány na pomocné montážní překlady, které se montovaly na nové sloupy. Tyto překlady se na závěr zdvihu využily pro finální uložení zvonu na sloupy. Zvon byl do výšky cca 13 m vyzdvihnut za jedenáct dní (v lednu roku 2011).

Po zdvihu se doplnilo dalších šestnáct sloupů. Pomocí lisů se aktivovaly tak, aby v závěru všech 32 sloupů přenášelo shodnou reakci současně s kontrolou geometrie spodního pasu zvonu. Nové sloupy byly v polovině výšky a ve vrcholu vzpěrami stabilizovány ke konstrukci nádrže proti vybočení a rotaci celé konstrukce zvonu. Tyto vzpěry dále slouží k přenosu sil vzniklých od horizontálního zatížení ze zvonu do konstrukce nádrže.



▲ Zdvih zvonu plynojemu



▲ Zdvih zvonu plynojemu – cca polovina výšky zdvihu (+6,5 m)

Příprava dílenské dokumentace, výroby a montáže

Pro vypracování dílenské dokumentace byly využity výstupy z 3D scanování konstrukce, zejména pro tvorbu výkresů příhradových nosníků na střeše a zesílení rámových rohů. Nové příhradové sloupce pod zvonek respektovaly skutečnou výšku podlahy, která má převýšení cca 1 m. Podkladem pro dílenskou dokumentaci se stala také dokumentace z kontroly stavu ocelové konstrukce. Celý postup zdvihu byl pečlivě připraven a zdvih samotný probíhal v přímé koordinaci projektant – hlavní montér.

Druhá etapa stavebních úprav

Opláštění zvonu plynojemu

V druhé etapě byla střecha a stěna zvonu opláštěna. Samotnému opláštění předcházela montáž technologických zařízení do prostoru

▼ Provizorní opláštění stěny tamburu a opláštění střechy zvonu plynojemu



▲ Zdvih zvonu plynojemu, montážní nosníky, hydraulická jednotka



▲ Detail styčnicku lávky +20,3 m po otryskání a po aplikaci základního nátěru PKO

mezi stávající povrch zvonu a novou skladbu pláště. Střešní plášť je uložen na trapézové plechy kladené na příhradové nosníky doplněné v rámci první etapy stavebních úprav. Stěnový plášť spočívá na trapézových plechách kotvených na příhradové nosníky doplněné v rámci druhé etapy.

Rekonstrukce nádrže plynojemu, aplikace protikoroze ochrany

Opravy se především detaily poničené korozí. Pro přípravu povrchu před nátěry byla zvolena metoda tryskání abrazivem. Původně uvažovaná metoda tryskání vysokotlakovou vodou se po zkouškách ukázala jako nevhodná, nedostatečná. Nátěr se aplikoval nástřikem ve třech až čtyřech vrstvách, finální vrstva je dle požadavků architekta v odstínu kovářské černi.

Úprava konstrukce nádrže v návaznosti na vytvoření velkoplošného proskleného otvoru

Jako hlavní vstup do vnitřního prostoru bude sloužit nově vytvořený velkoplošný prosklený otvor v nádrži plynojemu. Spodní hranu otvoru definuje terén – začíná v místě kotvení pláště nádrže plynojemu, horní hrana otvoru se nachází ve výšce cca 13 m. Otvor má šířku přes devět polí (celkový počet polí je 32), celkem měří cca 64 m, což je přibližně jedna třetina obvodu plynojemu.

Nové konstrukce v interiéru plynojemu

Uvnitř plynojemu byly namontovány nové ocelové konstrukce jeviště a hlediště v návaznosti na nové betonové konstrukce divadelního prostoru.

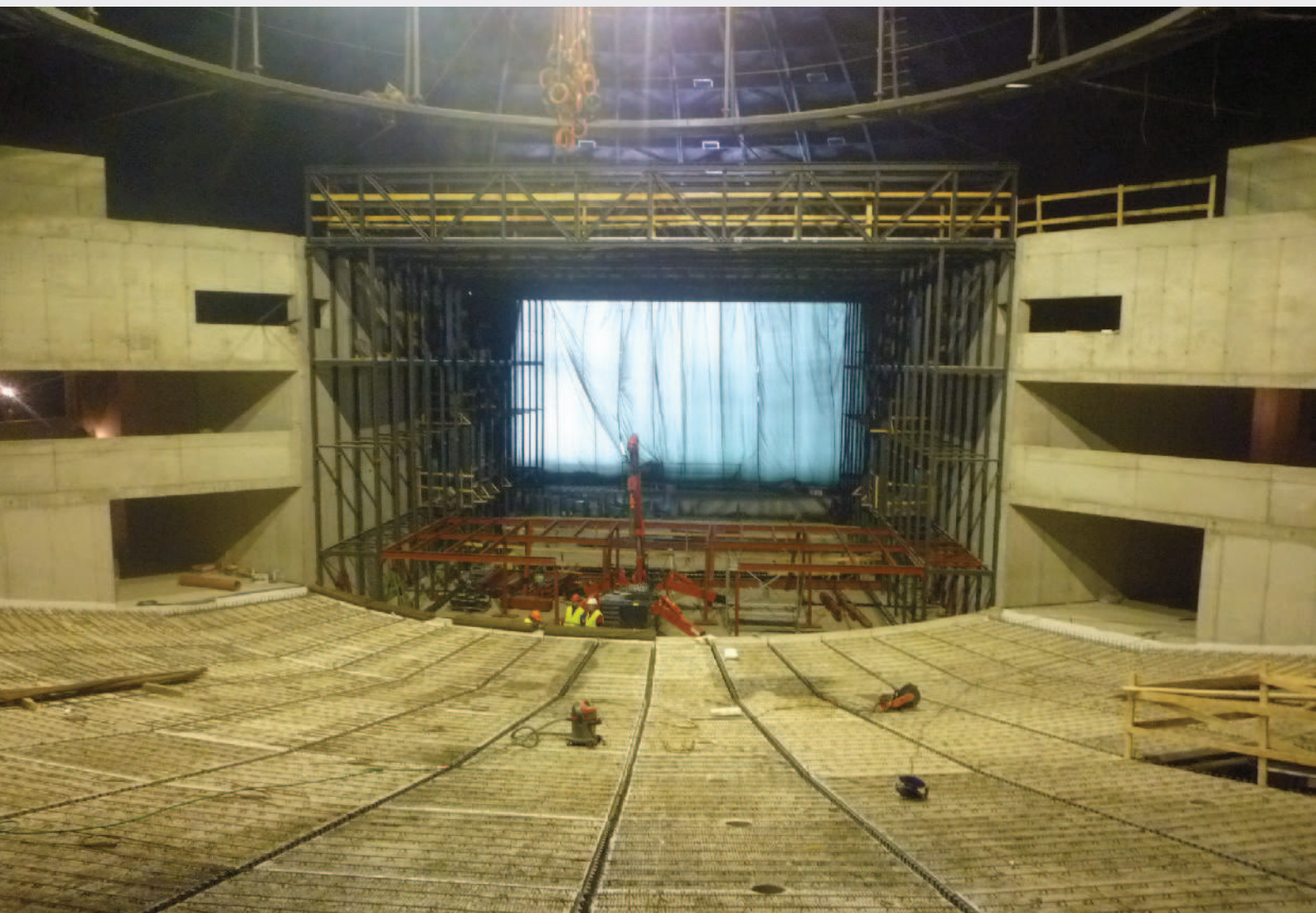
Nová konstrukce jeviště

Ocelová konstrukce jeviště je situována v severozápadní části plynojemu. Spodní hrana OK leží na úrovni +12,0 m, horní hrana na úrovni cca +24,4 m. Celková půdorysná plocha jeviště zabírá cca 410 m². Nosnou konstrukci jeviště tvoří šestnáct příčných vazeb, sestávajících z vodorovného příhradového nosníku, a vždy čtveřice sloupů. Část vazníků spočívá na betonové konstrukci a v zadním úseku jeviště jsou vazníky uloženy přímo na sloupech. Stabilitu konstrukce zajišťují příhradová tětividla, dostupnost je možná pomocí ochozů a lávek. Ocelová konstrukce jeviště slouží pro zavěšování divadelní technologie (18 t na každé dvojici vazníků) a pro instalaci technologie pro jevištní transportní plošinu.



▲ Ocelová konstrukce hlediště

▼ Ocelová konstrukce jeviště, pohled z hlediště po položení filigránů





▲ Plynojem po opláštění, montáž zasklení otvoru za jevištěm

Nová konstrukce hlediště

Ocelová konstrukce hlediště s půdorysnou plochou 1450 m² navazuje na jevištní prostor. Je navržena jako tuhá prostorová příhradovina lasturovitého tvaru. Skládá se z šestnácti vějířovitě se rozbíhajících rovinných příhradových zaoblených vazníků, podepřených u jeviště kruhovým betonovým lemem a v zadní části dlouhými trubkovými sloupky (22 m). Vazníky jsou doplněny tangenciálními ztužidly do prostorově působícího celku. U příhradových vazníků se v každém styčnicku střídají diagonály a svislice. Horní pas má tvar lomeného polygonu, spodní pas je kruhový, o poloměru cca 70 m. Horní a spodní pas, diagonály i svislice jsou navrženy z H profilů. Konstrukce je pohledová, viditelná z rozptýlových prostorů mimo hlediště. Železobetonovou konstrukci podlahy hlediště tvoří filigrány tloušťky 60 mm s nadbetonovanou deskou tloušťky 120 mm.

Závěr

Zahájení provozu multifunkční auly se plánuje na květen roku 2012. Celá rekonverze tvoří nesmírně zajímavou a pestrou kombinaci obnovy původně průmyslové stavby a její adaptace pro výstavbu moderního prostoru multifunkční auly. Použity přitom byly náročné technologie, jako je redistribuce vnitřních sil předpínáním a zdvih mohutného objektu. ■

Základní údaje o stavbě

Investor: Dolní oblast Vítkovice, z.s.p.o.
Architekt: Ing. arch. Josef Pleskot
Generální projektant stavební části: AP atelier, Ing. arch. Josef Pleskot

Projektant ocelové konstrukce:

Excon, a.s., Ing. Vladimír Janata, CSc.,
 Ing. Miloslav Lukeš

Generální dodavatel: GEMO OLOMOUC, spol. s r.o.

Výroba a montáž ocelové konstrukce:

Hutní montáže Ostrava, a.s.

Dodávka a předepnutí táhel: Tension systems, s.r.o.

Tenzometrická měření, předpínací postup, technologický postup zdvihu zvonu: Excon, a.s.

Stavbyvedoucí ocelové části: Ing. Aleš Zemánek

Doba výstavby: 03/2010–01/2011, 06/2011–05/2012

english synopsis

Reconversion of the Steel Structure of the Gas Holder in Vítkovice in a Multi-purpose Hall

Large premises of Vítkovice Steel Works feature a unique set of industrial architecture. The shut-down gas holder will be converted into a new multi-purpose hall. The project offers a combination of sensitive renovation of an originally industrial facility and its adaptation for the construction of a modern multi-purpose room using sophisticated technologies.

klíčová slova:

multifunkční aula, předpjaté prostorové vzpínadlo, hydraulický zdvih, plynojem

keywords:

multi-purpose auditorium, prestressed space beam-string structure, hydraulic lifting, gas holder