

Betonové konstrukce nového zdroje Elektrárny Ledvice

Všechny betonářské práce, resp. betonové konstrukce, které bylo potřeba realizovat pro výstavbu kotle s nadkritickými parametry páry v Elektrárně Ledvice, skončily zhruba před rokem. Autor v článku popisuje koncepci betonových konstrukcí kotelny, dále pak strojovny a mezistrojovny, betonáž potrubí chladicí vody a popisuje statické a dynamické výpočty.



Rozestavěné objekty hlavního výrobního bloku

KONCEPCE BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Koncepce betonových konstrukcí byla navržena v zadávací dokumentaci generálního dodavatele projektu, společnosti ŠKODA PRAHA Invest s.r.o., a dále rozpracována v dalších fázích projektu s ohledem na zvolenou technologii realizace a upřesnění provozně-technologických a dalších požadavků.

Kotelna

Kotelna má půdorysné rozměry cca 80 x 90 metrů. Betonové konstrukce, byť poměrně masivní, tvoří jen malou část celé kotelny. Jedná se o suterén pod vlastním kotlem, včetně základové desky a dvě obslužné schodišťové věže půdorysných rozměrů 13 x 13 m. Jejich výška je 140 m. Na severní věži je osazena ocelová konstrukce vyhlídky s vrcholem ve výšce 143 m, což z tohoto objektu činí nejvyšší budovu v ČR.

Monolitický suterén pod kotlem má základovou desku tloušťky 1,5 m, která je pod hlavními sloupy kotle zesílena na 2,5 m. Desku podpírá 516 ks vrtaných pilot o průměru 630-1180 mm a délce 10-22 m. Celková délka pilot dosahuje téměř 10 kilometrů. Horní líc desky je na kótě -4,5 m. Obvod tvoří monolitické stěny tloušťky

0,4 m. Stropní deska má tloušťku 0,8 m a je podpírána obvodovými stěnami a hustým rastrem sloupů. Nejmasivnější z nich (pod rámem kotle)

mají průřez 5 x 5 m, „běžné“ sloupy 2 x 2 m. Na základové desce spočívá celá řada technologických základů. Nejdůležitější z nich jsou základy



Část pilotových základů kotelny



Šplhací bednění, obslužné jeřáby a výložníky čerpadel betonu



Armokoš budoucího betonového sloupu - provizorní podpora ocelového zastřešení strojovny



Svislé konstrukce kotelny, mezistrojovny a strojovny



Dokončený betonový skelet mezistrojovny

osmi ventilátorových mlýnů uhlí, které jsou z důvodů dynamického namáhání osazeny na pružinových izolátorech.

Celkový objem uložených betonů představuje zhruba 10 500 m³ v základové desce, 2 000 m³ ve vertikálních konstrukcích suterénu a přes 4 100 m³ ve stropní desce. Betony byly ve směrnosti třídy C25/30-XA2 ve styku se zemínou, C30/37 a C35/45 ve sloupech a C35/45-XC1 ve stropní desce. Výztuž BSt 500 byla válcována v Turecku, certifikována a ohýbána v SRN. Generálním dodavatelem betonových konstrukcí byla firma Metrostav, divize 8.

Obslužné schodištvé věže, zajišťující vertikální pohyb obsluhy, přístupy na technologické plošiny kotle, rozvody médií, požární vody a podobně, mají půdorysný rozměr 13 x 13 m, obvodové stěny mají tloušťku 0,4 a 0,5 m, vnitřní 0,25 m a schodištvé stěny 0,3 m. Tloušťky stropů činí 0,25 m, schodiště jsou betonová prefabrikovaná, ramena jsou ukládána na ozuby. Celková kubatura uložených betonů většinou třídy C30/37-XC2

byla cca 10 000 m³, přičemž bylo zabudováno přes 2 000 tun výztuže BSt 500.

Betonáž i železářské práce probíhaly kontinuálně. Bednění bylo posuvné (šplhající) s tím, že se betonovaly najednou všechny stěny obou věží. Rychlost posunu plošin představovala 1,9 až 3,1 m/den, celkový čas potřebný k vybetonování obou věží byl 57 dnů. Obě plošiny byly spojeny spojovacím mostem, stavební výtah pro dopravu osob a drobného materiálu byl kotven k jedné věži. Práce prováděla firma Omega Teplotchna ve spolupráci s rakouskou firmou Gleitbau Salzburg v nepřetřítém provozu. Jeřáby byly používány dva, a to typu Liebherr (šplhající). Oba byly průběžně kotveny do stěn věží. Betonová směs byla na plošiny čerpána dvojicí potrubí, které byly na plošině ukončeny rozdělovačem, který směs distribuoval podle potřeby do dvou betonářských výložníků.

Strojovna a mezistrojovna

Na kotelnu dispozičně i technologicky navazují objekty strojovny a mezistrojovny. Jedná se

o masivní monolitické skelety o půdorysu 65 x 90 m a výšce až 40 m s jedním suterénem. Založení je obdobné jako u kotelny. Prolamovaná základová deska tloušťky 1,5 až 3,0 m je podpírána 376 ks vrtaných velkopříměrových pilot o délce až 25 m. Prakticky všechny betonové konstrukce jsou monolitické, s výjimkou filigránových stropů v nejvyšších úrovních. Strojovnu i mezistrojovnu kryje ocelová konstrukce. Hrubou stavbu zajišťovaly firmy Metrostav a Hochtief. Třídy betonu a betonářské výztuže jsou prakticky stejné jako v kotelně, celkem bylo uloženo přes 20 000 m³ betonu a přes 3 000 tun betonářské armatury.

Potrubí chladicí vody

Součástí hlavního výrobního bloku je i obetonávka potrubí chladicí vody. Jde o dvojici potrubí průměru 2,8 m, kterými je vedena chladicí voda ze strojovny do chladicí věže a zpět. Obetonávka je tvořena železobetonovým blokem o průřezu 7 x 4 m, celková délka je téměř 200 m. Potrubí je uloženo pod plánovanou komunikací.



Montáž ocelové konstrukce strojovny v předstihu před betonovými konstrukcemi



Osazování mostového jeřábu mezistrojovny

Během výstavby kotelný je blok potrubí mj. zatěžován pojezdem těžkých montážních jeřábů nad potrubím.

STATICKÉ A DYNAMICKÉ VÝPOČTY

Vstupní údaje

Veškeré výpočty byly prováděny podle normy ČSN EN. Převážná část zatížení byla vyvozena technologickým zařízením. Zatížení klimatická byla trojí – zatížení větrem, teplotou, včetně nerovnoměrného oslunění, a zatížení seismická.

Větr byl uvažován podle ČSN EN 1991-1-4. V předstihu byla zpracována podrobná větrná studie, na jejímž základě byla lokalita zařazena do I. větrné oblasti se základní rychlostí větru 22,5 m/s.

Zatížení teplotou bylo stanoveno podle ČSN EN 1991-1-5 - Zatížení konstrukcí, část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou. Uvažovaly se tyto základní vstupní a výstupní údaje:

- výchozí teplota je uvažována $T_0 = 10 \text{ °C}$,
- minimální teplota vzduchu ve stínu $T_{\min} = -34 \text{ °C}$,
- maximální teplota vzduchu ve stínu $T_{\max} = 40 \text{ °C}$,
- maximální teplota vzduchu na severní a východní straně $T_{\max} = 42 \text{ °C}$,
- maximální teplota vzduchu na jižní a západní straně $T_{\max} = 70 \text{ °C}$,
- pro montážní stav je uvažována teplota vnitřního prostředí $T_{\text{in}} = -34 \text{ °C}$ (v zimě) a $T_{\text{in}} = 40 \text{ °C}$ (v létě),
- při výpočtu teplotních spádů jsou uvažovány tyto hodnoty tepelných odporů: $R_{\text{in}} = 0,135 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, $R_{\text{out}} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ a součinitel tepelné vodivosti betonu $\lambda_1 = 1,71 \text{ W/(mK)}$.

Dimenzování betonových konstrukcí bylo prováděno podle ČSN EN 1992-1-1.

Oblast staveniště se nachází v seismicky činné oblasti. Při stanovení výchozích parametrů pro tento typ zatížení se postupovalo podle metodiky ČSN EN 1998 - 1, výchozí parametry byly převzaty z expertního posudku:

- návrhové zrychlení podloží $a_g = 0,06 \text{ g}$ (včetně součinitele významu $\gamma_1 = 1,4$),
- typ základové půdy B,
- typ spektra pružné odezvy 1.

Konstrukce byla uvažována jako stěnový systém se střední duktilitou a v analýze konstrukce prováděné modální analýzou pomocí spektra odezvy uvažujeme návrhové spektrum se součinitelem duktility $q = 3$ pro vodorovný směr a $q = 1,5$ pro svislý směr. Tomuto přístupu ke konstrukci odpovídají i konstrukční opatření vyztužení prvků.

Provedené výpočty

Nejprve byly provedeny standardní statické výpočty metodou konečných prvků programem RENEX3D. Byly řešeny jak celkové modely, tak dílčí. Běžné konstrukce byly modelovány skořepinami, masivní sloupy v suterénech pomocí tzv. bricků.

Pro zatížení seismicitou a teplotou se osvědčily optimalizační prutové modely, kdy je celý půdorysný průřez věže modelován pruty s odpovídajícími průřezovými i materiálově-fyzikálními charakteristikami. Prutových modelů bylo dále využito



Technologické plošiny ve strojovně

i při výpočtech dotvarování, účinků II. řádu, postupu výstavby i při stabilním výpočtu.

Kromě těchto standardních výpočtů byly provedeny výpočty dynamické na základě výstupů optimalizačních výpočtů. Ty se podrobně zabývaly vlivem seismické odezvy konstrukce. Dále byly provedeny výpočty uvažující vlivy imperfekcí věží a řada výpočtů modelujících postup výstavby jak vlastních schodišťových věží, tak i montáže ocelové konstrukce kotle, protože celý objekt kotelný je jednotně založen.

Seismické výpočty strojovny a mezistrojovny probíhaly ve třech fázích. V první byla modelována pouze železobetonová konstrukce a ocelová konstrukce a technologie byly uvažovány svými reakcemi. Ve druhém kroku byly domodelovány i ocelové konstrukce (podle výrobní dokumentace) a třetím, připravovaném kroku, budou domodelovány i technologické celky, plošiny, potrubí atd.

Poznámka: Obsáhlejší informaci o statických a dynamických výpočtech najdete po vydání tohoto aktuálního čísla časopisu All for Power na informačním portálu www.allforpower.cz

Ing. Miloslav Smutek, Ph.D.,
RECOC, s.r.o.,
miloslav.smutek@recoc.cz

Foto: (Jiří Junek, Metrostav, archiv RECOC, s.r.o.)



Concrete constructions for the boiler room for the new source in Ledvice Power plant

All concrete work and concrete constructions necessary for the construction of the boiler with above-critical steam parameters, were terminated approximately one year ago. In the article the author describes the concept of the concrete constructions, the machinery rooms and semi-machinery rooms, concreting of cooling water piping and static and dynamic calculations.

Бетонные конструкции котельной нового генератора Электростанции Ледвице

Все бетонные конструкции, т.е. работы по бетонированию, которые необходимо было провести при строительстве котла со сверхкритическими параметрами пара, завершились год назад. Автор статьи представляет концепцию бетонных конструкций котельной, машинного зала и прилегающих помещений, описывает бетонирование трубопровода охлаждающей воды, приводит статические и динамические расчёты.