

# Przebudowa chłodni kominowych w Elektrowni Prunéřov II

Inż. Jan Soukup, dyrektor handlowy REKO PRAHA, a. s.

Po pomyślnych przebudowach czterech chłodni kominowych o wysokości 100 m w Elektrowni Tušimice II i zakończeniu budowy nowej chłodni kominowej typu Iterson o wysokości 145 m w Elektrowni Ledvice, spółka REKO PRAHA, a. s. została wybrana do przeprowadzenia naprawy dwóch chłodni kominowych o wysokości 120 m w Elektrowni Prunéřov II. Naprawa ta odbyła się w ramach kompleksowej renowacji powyższej elektrowni, podczas której zmodernizowano trzy z ogółem pięciu bloków wytwórczych. Chłodnie kominowe umieszczone są w jednej linii w kierunku północno-zachodnim od głównego bloku wytwórczego. Chłodnie te wybudowane zostały w latach osiemdziesiątych przez polskich wykonawców i przeszły częściowe przebudowy w latach dziewięćdziesiątych.

## Wstęp

Celem kompleksowej przebudowy było osiągnięcie współczesnego stanu technicznego obiektu chłodni kominowych przy wykorzystaniu najnowocześniejszej wiedzy i technologii dostępnych na rynku. Planowane było uzyskanie żywotności obiektu przez następne 40 lat przy okresowej konserwacji. Rozwiązanie techniczne obu chłodni kominowych - chłodni kominowej nr 2 i chłodni kominowej nr 3 - jest zupełnie takie samo. Jediną różnicę stanowi kąt wejścia przewodu dymowego do chłodni. W chwili obecnej obie chłodnie kominowe są wykończone i trwa ruch próbný.

## Prace projektowe

W zakresie dostawy pakietu 12 - chłodnie kominowe, ujęto także dostarczenie kompletnej dokumentacji projektowej wszystkich etapów. Spółka REKO PRAHA, a. s. posiada własne siły projektowe umożliwiające wytworzenie takiej dokumentacji. Fazę projektowania rozpoczęto od opracowania projektów wstępnych, następnie przygotowano projekt podstawowy, projekt koń-



Rys. 2 - Modele obliczeniowe prefabrykowanej konstrukcji i rurociągu wody ogrzanej

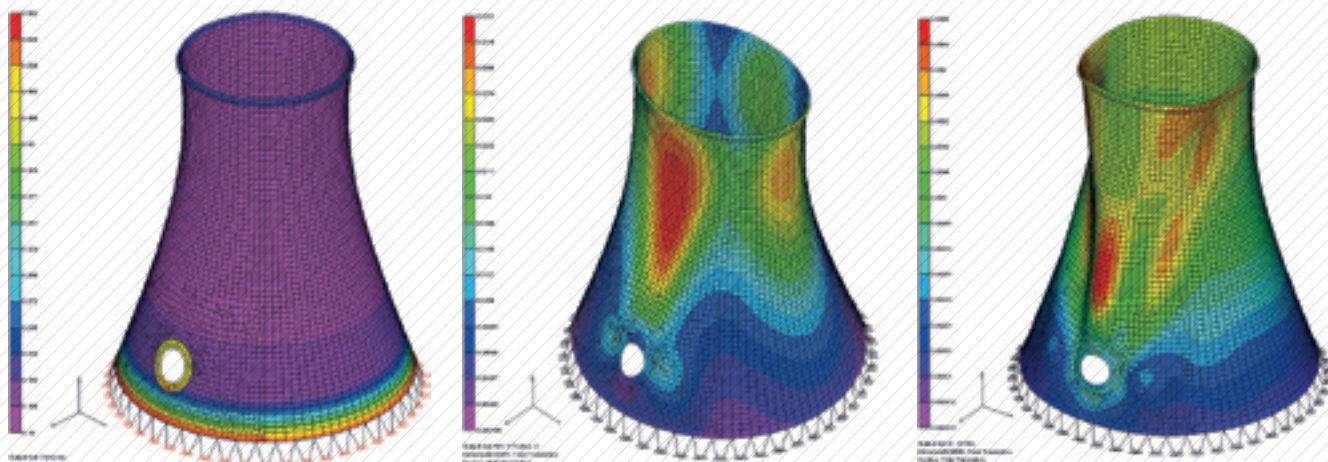
cowy, a fazę przygotowań zakończono wydaniem projektu wykonawczego.

Duża część dokumentacji była przygotowywana także w trakcie samej realizacji. Chodziło na przykład o dokumentację produkcyjną, dokumentację z prób i uruchamiania, pomocniczą dokumentację techniczną, a uwieńczeniem pracy była dokumentacja powykonawcza.

## Prace demontażowe i rozbiórkowe

Po wyłączeniu chłodni kominowych z ruchu, rozpoczęto najpierw demontaż istniejących

technologii chłodniczych. Bloki eliminatorów wyniesiono z chłodni na zewnątrz, gdzie przeprowadzono ich unowocześnienie i przygotowanie do montażu powrotnego. Pozostałe elementy urządzeń chłodni kominowej, takie jak na przykład rurociąg rozdziału wody ogrzanej, dysze zraszalników i bloki systemu chłodniczego, zdemontowano, wyniesiono z chłodni na zewnątrz i przetransportowano do zlikwidowania. W celu umożliwienia wjazdu ciężkich maszyn do misy wody schłodzonej, przed rozpoczęciem prac rozbiórkowych przeprowadzono za pomocą no-



Rys. 1 - Modele obliczeniowe skorupy chłodni kominowej

żyć hydraulicznych na podwoziu gąsienicowym rozbiórkę dwóch słupów podporowych płaszczu chłodni kominowej, jak również w niezbędnym stopniu ściany misy. Następnie dokonano rozbiórki pierwotnej prefabrykowanej konstrukcji żelbetowej, stalowych rurociągów wody chłodzącej oraz natrysku zimowego i pierwotnych stalowych kanałów pionowych. Wynikiem powyższych prac była czysta skorupa chłodni kominowej z pustym zbiornikiem wody schłodzonej.

### Konstrukcja żelbetowa

Pierwotny zbiornik wody chłodzącej podzielony był na dwie połowy z ogółem sześcioma stalowymi kanałami pionowymi wody ogrzanej. Każda z części mogła być oddzielnie eksploatowana. Taka potrzeba została zlikwidowana w ramach przebudowy. W nowej koncepcji, chłodnia używa tylko czterech nowych, żelbetowych kanałów pionowych. Do jednej odnogi nowego rurociągu wody chłodzącej przyłączone są szeregowo zawsze po dwa kanały. Wykonanie wszystkich kanałów pionowych jest w praktyce identyczne, ich układ wewnętrzny różni się w zależności od tego, czy chodzi o kanał przelotowy, czy też końcowy. Z istniejących możliwych podłączeń w komorach armatur przed chłodnią kominową, użyte są dwie gałęzie rurociągu dopływowego Ø2020x10. Są one prowadzone równoległe do zbiornika wody chłodzącej i przechodzą przez ścianę zbiornika w takim samym miejscu jak dotychczas. Każda z obu gałęzi rurociągu Ø2020x10 doprowadzona jest do jednego przelotowego kanału pionowego, z którego następnie prowadzą zredukowane rurociągi dopływowe Ø1620x10 do kanałów pionowych końcowych. Dotychczasowa płyta

dna zbiornika nie spełniała wymagań dzisiejszych norm oraz wymaganej nośności. Wobec powyższego przystąpiono do wybudowania nowej płyty monolitycznej. Wykonano nowy beton o pochyłej nawierzchni, zbrojony siecią KARI, oraz zapewniono jednolite nachylenie dna zbiornika w kierunku obiektu odpływowego. Na nowy beton o pochyłej nawierzchni położono nową izolację wodoszczelną, która jednocześnie pełni funkcję separacji i ślizgu pomiędzy nowym betonem o pochyłej nawierzchni, a nową płytą dna zbiornika. Nowa płyta dna zbiornika posiada jednolity przekrój 200 mm i tworzy podłoże nośne dla nowo wykonanej, prefabrykowanej konstrukcji nośnej. Stopy pod słupy nowej zabudowy zaprojektowano monolityczne z kielichem, połączone z płytą dna zbrojeniem.

obnażone zbrojenie jest jednocześnie przygotowane do stopnia Sa 2 ½. Po ukończeniu tego kroku, zastosowano zabezpieczenie zbrojenia zaprawą cementową wzbogaconą epoksydem, która zapewnia długotrwałą ochronę zbrojenia pasywacją. Profil konstrukcji odnowiono przy wykorzystaniu materiałów reprofilacyjnych ze spoiwem cementowym, nakładanych ręcznie lub za pomocą torkretu suchego. Interesujący i niezupełnie typowy krok stanowiło zastosowanie inhibitora korozji na powierzchni konstrukcji żelbetowych. Preparat penetruje konstrukcję poprzez całą warstwę kryjącą zbrojenia, zaczepiając się na powierzchni zbrojenia i blokuje powstawanie korozji oraz spowalnia jej szybkość. W fazę końcową prac rewitalizacyjnych wykonano zabezpieczenia malarskie.



Rys. 4 - Płaszcz zewnętrzny chłodni kominowej po ukończeniu prac



Rys. 3 - Widok nowej płyty dna chłodni kominowej i kanał pionowy wody ogrzanej

### Rewitalizacja płaszczu chłodni kominowej

W ramach remontu kapitalnego wykonano rewitalizację: płaszczu wewnętrznego i zewnętrznego chłodni kominowej, ukośnych słupów podpierających płaszcz, komór armatur oraz misy wody schłodzonej. Prace wykonano zgodnie z normą zakładową ČEZ PN 009, określającą warunki rewitalizacji konstrukcji żelbetowych chłodni kominowych w oddziałach spółki ČEZ. Pierwszy krok stanowiło trasowanie akustyczne konstrukcji i oznaczenie naruszonych miejsc. Następnie za pomocą młotów elektropneumatycznych otwarto miejsca naruszeń i usunięto zdegradowany beton. Do przygotowania powierzchni istniejącego betonu wybrano metodę strumieniową suchym ścierniwem, która zapewnia odpowiedni profil kotwienia w istniejącym betonie, a ewentualne

Na stronę wewnętrzną skorupy naniesiono dwuskładnikową powłokę na bazie epoksydu, która jest odporna mechanicznie i zapewnia ochronę konstrukcji przed przenikaniem wilgoci i karbonatyzacją. Na płaszcz zewnętrzny kominu wyciągowego naniesiono powłokę na bazie akrylowej, która chroni beton, a jednocześnie umożliwia dyfuzję pary wodnej z konstrukcji.

### Wykonanie przejścia do skorupy chłodni kominowej

W skład naprawy chłodni kominowych w omawianym projekcie wchodziło także przygotowanie do wprowadzenia przewodów dymowych. Polegało ono przede wszystkim na wykonaniu otworów w kominach wyciągowych chłodni kominowych. Ze względu na to, że wykonanie dodatkowego przejścia w skorupie



Rys. 5 – Przejście dla przewodu dymowego

plaszcz chłodni kominowej typu Iterson 120 m o płaszczyźnie środkowej w kształcie hiperboloidy obrotowej, przy grubości skorupy w strefie przejścia 170 do 240 mm, stanowi stosunkowo znaczącą ingerencję w funkcje statyczne skorupy kominowej wyciągowej, zaproponowano uzbrojenie skorupy w okolicy otworu żelbetowym pierścieniem zbrojeniowym przymocowanym betonem. Statyczne współdziałanie przymocowanego betonem pierścienia wzmacniającego zapewniono poprzez poprzeczne naprężenie wstępne za pomocą 240 szt. wstępnie naprężających prętów o średnicy nominalnej 32 mm ze stali klasy 950/1050. Pierścień wykonano torkretowaniem do przygotowanego deskowania z betonu C30/37 XC3 w stałej szerokości 2800 mm i grubości 300 mm. Uzbrojenie wykonano ze zbrojenia miękkiego ze stali 10 505 (R).

### Prefabrykowana konstrukcja nośna

Pierwotną konstrukcję żelbetową zastąpiono nową prefabrykowaną konstrukcją z rastrem 7 x 7 m. Słupy osadzono w monolitycznych stopach z kielichem. Słupy noszą dwa rzędy podciągów będących podporami dla belek systemowych. Pierwszy rząd belek systemowych znajduje się na wysokości +11,620 m, a belki te noszą bloki wypełnienia zraszalnikowego. Drugi rząd beleczek znajduje się na wysokości + 15,470 i jest przeznaczony do niesienia konstrukcji eliminatorów, jak też samych eliminatorów. Oprócz tego do prefabrykowanej konstrukcji nośnej dołączono system głównego rozdziału wody ogrzanej. Słupy unoszą prefabrykowane koryta, w których ściany doprowadzone są gałęzie rurociągu wodorozdziału. Prefabrykowana konstrukcja stanowi kombinację elementów z miękkim i wstępnie naprężonym zbrojeniem. Osiągnięto trwałość konstrukcji w stopniu XA2,

szczególnie ze względu na zawartość soli siarczanowych w wodzie chłodzącej. W przypadku elementów z miękkim zbrojeniem uzyskano to dzięki recepturze z betonu i potrzebnych dodatków, w przypadku elementów wstępnie naprężonych uzyskano to dzięki dodatkowej powłoce epoksydowej, zgodnej z powłoką płaszczki wewnętrznej chłodni kominowej.

### Technologia chłodnicza

Do chłodni kominowych zaproponowano użycie technologii chłodniczej z oferty firmy REKO PRAHA, a. s. Na nierdzewnej konstrukcji nośnej osadzone są dwie warstwy bloków PCV wypełnienia zraszalnikowego typu REKO 20, z lekko nachylonym kanałem pionowym. Wysokość wypełnienia zraszalnikowego wynosi w sumie jeden metr. Powyżej bloków zamontowany jest rurociąg roboczy rozdziału wody ciepłej. Zaprojektowany jest z PCV i doprowadzony do głównych koryt wodorozdziału. Rurociąg podparty jest zawiasami ze stali nierdzewnej w klasie ČSN 17240. Do rurociągu roboczego przykręcono ogółem 7800 dysz REKO 01 wypełniających system chłodniczy wodą. Pierwotnym zamiarem inwestora było pozostawienie koncepcji z eliminatorami leżącymi na belkach żelbetowych na wysokości kładek. W trakcie przygotowania projektu zdecydowano, że konstrukcja będzie wykonana w taki sam sposób, jak w Elektrowni Tušimice II, powyżej tych kładek jako podejściowa. Takie rozwiązanie umożliwi całkowitą bezproblemową kontrolę działania dysz rozpryskowych podczas obchodów kontrolnych wykonywanych przez obsługę. Jako materiał dla takiej konstrukcji nośnej eliminatorów wybrano kompozyt. Z takiego materiału wykonane są także kładki inspekcyjne i poręcze. Do konstrukcji nośnej zamontowano z powrotem, zgodnie

z życzeniami klienta, pierwotne, unowocześnione eliminatory unoszące, które w niezbędnym stopniu uzupełniono nowymi typu AOK-REKO. W okresie zimowym chłodnia kominowa będzie zabezpieczona natryskiem zimowym. Rurociąg obwodowy ze szkła laminowanego jest prowadzony powyżej otworu nawiewowego, na wysokości skrzydła nawadniającego. W osi dolnej jest perforacja wywierconymi otworami o średnicy 0,02 m w odległości co 0,1 m. Po uruchomieniu natrysku przez otwór nawiewowy utworzy się masywna osłona wodna z wody ogrzanej dopływającej do chłodni. Przesłonięcie otworu nawiewowego osłoną wodną spowoduje zredukowanie przenikania zimnego powietrza do chłodni kominowej, a znajdujące się wewnątrz urządzenia są dzięki temu chronione w okresie zimowym przed oblodzeniem. Rurociąg obwodowy posiada zmienny rozmiar - od DN 600 do DN 300. Rurociąg obwodowy zasilany jest ogółem z czterech wlewów, zawsze z każdego kanału waporowego prowadzony jest jeden wlew DN 800. Rurociąg zasilający wykonany jest również ze szkła laminowanego. Natrysk zimowy uruchamiany jest zdalnie przez operatora poprzez otwarcie 4 szt. armatur sterujących DN 800.



Rys. 6 – Technologia chłodnicza

### Podsumowanie

pozytywne wyniki prób i testów ukończonych chłodni kominowych przeprowadzone w ramach ich uruchamiania stanowią dowód na to, że wybrane rozwiązanie projektowe naprawy było właściwe, a firma REKO PRAHA, a. s. może przekazać zamawiającemu, a jednocześnie również inwestorowi, nowoczesne rozwiązanie technologiczne, spełniające najwyższe wymagania wobec wykonania i jakości przeprowadzonych prac.