

kule komina przemysłowego był agresywny kondensat dyfundujący od strony wnętrza komina na zewnątrz trzonu żelbetowego. Kompleksową modernizację obiektu rozpoczęto od strony wewnętrznej, a dopiero później wykonano remont zewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego. Przyjęcie takiej kolejności robót oraz wykonanie szczelnej kwasoodpornej wymurówki i właściwej izolacji termicznej wyeliminowało źródło zagrożenia korozyjnego. Zapewni to znaczną trwałość wykonanych zabezpieczeń żelbetowego trzonu nośnego komina, a tym samym całego obiektu. Przedstawione w pracy rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne zasługują

na upowszechnienie. Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH, nr 11.11.150.005

BIBLIOGRAFIA

- [1] Barycz S., Oruba R., Problemy diagnostyki i rekonstrukcji wysokich żelbetowych kominów przemysłowych. Konferencja naukowa z okazji Jubileuszu 50-lecia Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Kraków 2001
- [2] Ciesielski R., Krupiński J. Uszkodzenia i usterki trzonów kominów żelbetowych wybudowanych w latach 1950 – 1970. IX Sympozjum „Badanie przyczyn i zapobieganie awariom konstrukcji budowlanych. R-10. Szczecin 1987
- [3] Oruba R. Uszkodzenia i nieprawidłowości żelbetowych kominów przemysłowych w elektrowniach. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 86, Studia i Materiały, nr 17, Wrocław 2006

[4] Projekt techniczny nr 4–5529 komina H = 120 m Cementowni „Ożarów” (dokumentacja fragmentaryczna), opracowany przez KBFBP, Kraków 1973

[5] Projekt wymiany wymurówki wewnętrznej komina H = 120 m Cementowni „Ożarów” (0803/1). PROCONS, Kraków 2007

[6] Sprawozdanie z nadzoru naukowego nad modernizacją żelbetowego komina nr 1 H = 120 m Cementowni „Ożarów” S.A. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie 2008 i 2009

[7] Technologia remontu wnętrza komina nr 1 (H = 120 m) Cementowni „Ożarów”. SPB „SAVEX”, Zgorzelec 2007

[8] PN-88/B-03004: Kominny murowane i żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

Modernizacja komina żelbetowego w Elektrowni Ostrołęka

Mgr inż. Leszek Hawro, Specjalistyczne Przedsiębiorstwa Budowlane SAVEX, Zgorzelec, prof. dr hab. inż. Piotr Konderla, Politechnika Wroclawska, dr hab. inż. Ryszard Kutylowski, Politechnika Wroclawska

1. Wprowadzenie

Przedmiotem analizy jest komin żelbetowy wybudowany w latach 1968–1970 na terenie Elektrowni Ostrołęka o wysokości 120 m i standardowej konstrukcji. Średnica zewnętrzna komina zmienia się liniowo od wartości 8,30 m w podstawie do 7,30 m na poziomie +50 m, a powyżej tego poziomu kształt płaszcza komina jest cylindryczny o stałej średnicy zewnętrznej 7,30 m. Grubość ścianki trzonu komina zmienia się od 33 cm do 15 cm w części stożkowej natomiast w części cylindrycznej grubość trzonu jest stała i wynosi 15 cm. Trzon komina połączony

jest sztywno z żelbetową płytą fundamentową, która oparta jest na 75 palach Franki. Izolację komina stanowi wykładzina ceglana grubości 12 cm oraz wełna żużlowa o grubości 8 cm. Na poziomie 7,0 m znajduje się strop żelbetowy, powyżej którego do komina podłączone są symetrycznie dwa czopuchy o przekrojach 3,7 x 10,0 m. Schemat konstrukcji komina pokazano na rysunku 1a.

W roku 2000 została zainstalowana instalacja odsiarczania z niezależnym kominem, pozwalająca na odsiarczenie około 66% produkowanych spalin. Pozostała część spalin była zbyt mała, aby utrzymać właściwą temperaturę w ana-

lizowanym kominie, co w konsekwencji prowadziło do szybko postępującej degradacji wymurówki, a następnie degradacji materiału żelbetowego trzonu komina. Ekspertyza wykonana przez zespół ITB [1] wskazywała na duże ubytki powierzchniowe wykładziny ceglanej komina oraz znaczną degradację trzonu komina w jego górnym odcinku. Jednocześnie wyniki ekspertyzy wskazywały, że standardowy remont komina polegający na renowacji trzonu może być nieskuteczny i nie gwarantujący trwałości konstrukcji w dostatecznie długim okresie czasu.

Poszukując sposobów rozwiązania tego problemu firma Savex zapro-

ponowala wykonanie modernizacji komina według oryginalnej technologii. Istotnie nowym elementem modernizacji jest odtworzenie trzonu w jego górnym odcinku. Wstępem do podjęcia decyzji przyjęcia takiego rozwiązania były kompleksowe badania konstrukcji oraz posadowienia komina wykonane przez zespół badawczy Politechniki Wrocławskiej w pierwszej połowie 2009 roku [2]. Wyniki tych badań pozytywnie zweryfikowały proponowaną technologię modernizacji obiektu w zakresie możliwości jej bezpiecznego wykonania, jak również skuteczności w zapewnieniu trwałości konstrukcji w okresie minimum 20 lat.

Wybór optymalnego rozwiązania wymagał przeprowadzenia szeregu analiz statyczno-wytrzymałościowych obejmujących: (a) stan aktualny, (b) okres modernizacji oraz (c) stan po modernizacji. Przeprowadzone kompleksowe badania konstrukcji komina jak również podłoża gruntowego dały w miarę pełny obraz stanu technicznego poszczególnych elementów konstrukcji, pozwalały na przyjęcie rzeczywistych parametrów materiału oraz, co było bardzo istotne, pozwoliły na ocenę parametrów wytrzymałościowych podłoża gruntowego.

Wyniki badań fotogrametrycznych trzonu komina oraz analiza okresowych pomiarów osiadania fundamentu są zadowalające. Wchylenie osi komina od pionu nie przekracza 160 mm, co mieści się w zakresie dopuszczalnym, ponadto osiadanie fundamentu jest małe i równomierne. Analizy statyczno-wytrzymałościowe koncentrowały się na następujących zagadnieniach:

- ocena stanu wyężenia trzonu komina po wykonaniu otworu do montażu carg,
- analiza wyężenia płyty fundamentowej,
- analiza nośności fundamentu palowego.

Celem analiz było głównie wykazanie, że proponowane rozwiązanie

techniczne modernizacji komina jest rozwiązaniem bezpiecznym zarówno w czasie realizacji robót modernizacyjnych, jak i w trakcie dalszej wieloletniej eksploatacji. Ostatnie z wymienionych powyżej zagadnień, związane z nośnością fundamentu palowego, było przedmiotem szczegółowej analizy z uwagi na niejednorodność podłoża. Problemy te szerzej omówione są w punkcie 3. tego artykułu.

2. Technologia modernizacji komina

Projekt modernizacji komina obejmuje wykonanie następujących prac w kolejności ich wykonywania:

- 1) Oczyszczanie powierzchni zewnętrznej trzonu komina, usunięcie luźnych i zdegradowanych fragmentów trzonu komina.
- 2) Wykonanie rusztu podpierającego złożonego z trzech obwodowych żeber połączonych ośmioma żebrami wzdłuż tworzących na obwodzie płaszcz komina. Ruszt będzie usytuowany pomiędzy poziomami od +40 m do +60 m.
- 3) Wykonanie nowego płaszcz grubości 18 cm od poziomu +60 m do poziomu +115 m.
- 4) Nowy płaszcz od strony połączenia ze starym płaszczem będzie miał kasetony o wymiarach 0,9 x 0,9 m o grubości 5 cm rozmieszczone co 1,2 m wypełnione lekkim materiałem o nazwie Foamglass.
- 5) Nowy i stary płaszcz komina będą punktowo połączone w obszarach styku za pomocą sztywnych stalowych łączników.
- 6) Usunięcie górnego fragmentu trzonu komina powyżej poziomu +115 m.
- 7) Wyburzenie stropu na poziomie +7,0 m oraz wykucie prostokątnego otworu w trzonie komina umożliwiającego transport materiałów. Wymiary otworu 3,0x6,0 m zdefiniowane są wymiarami carg stalowego wkładu kominowego.
- 8) Demontaż wymurówki ceglanej, izolacji z wełny żużlowej.

9) Oczyszczanie powierzchni wewnętrznej trzonu komina, usunięcie luźnych i zdegradowanych fragmentów betonu oraz neutralizacja powierzchni. Zakłada się, że w trakcie zabiegu oczyszczania obu powierzchni trzonu komina usunięte będzie 25% masy trzonu od poziomu +50 m do poziomu +115 m. Odpowiada to usunięciu 1,5 cm grubości płaszcz od zewnątrz i 2,25 cm od wewnątrz.

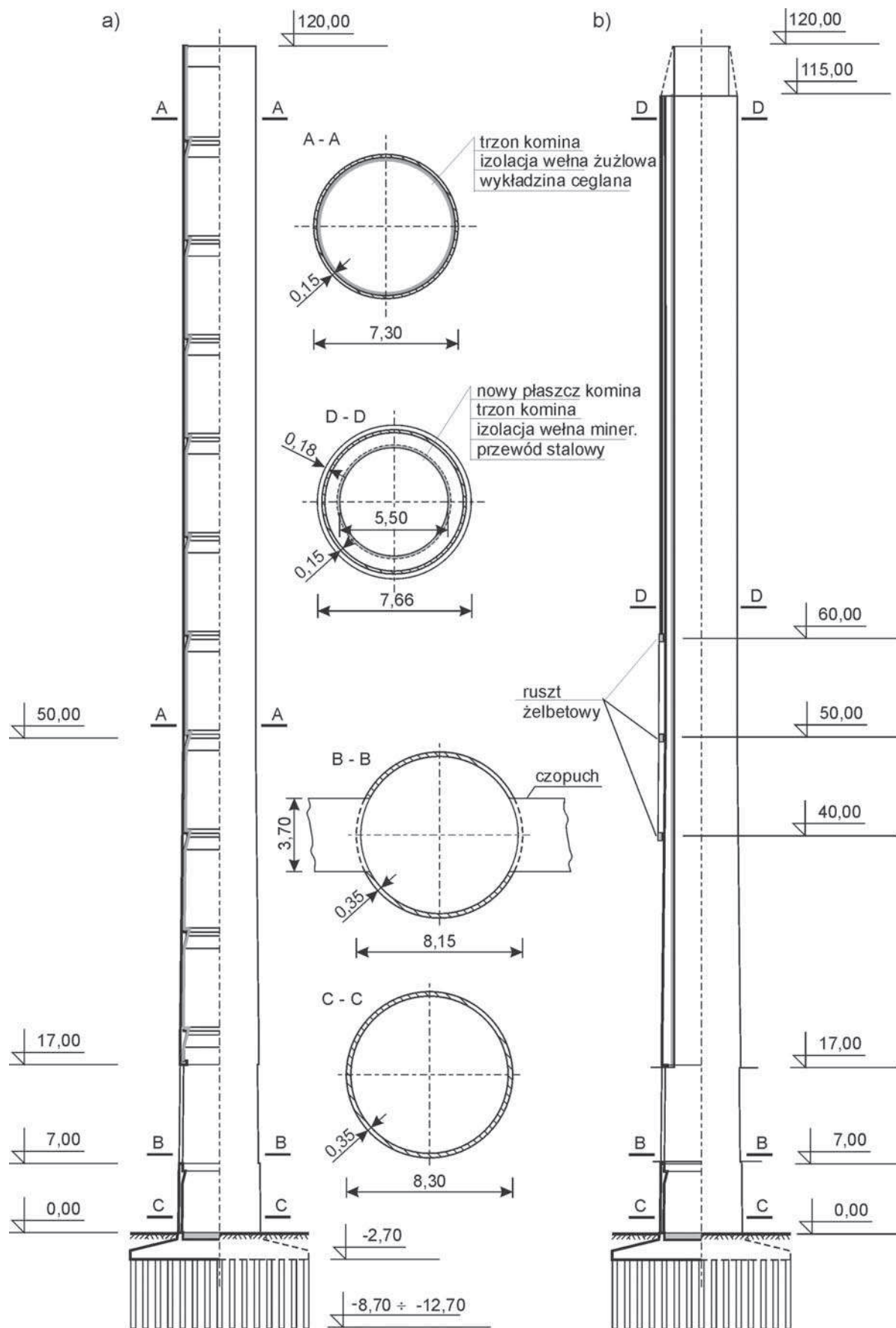
10) Wykonanie konstrukcji mocującej nowy przewód kominowy.

11) Wykonanie nowego przewodu kominowego wraz z izolacją z wełny mineralnej.

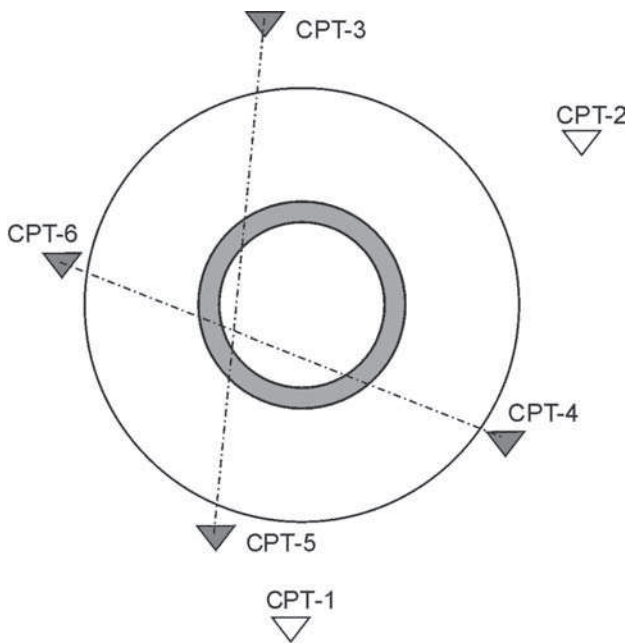
Schemat konstrukcji komina po modernizacji pokazano na rysunku 1b. Oryginalny pomysł modernizacji komina polega na wykonaniu konstrukcji złożonej z pierścienia podpierającego oraz nowego płaszcz komina, która to konstrukcja zgodnie z założeniem ma przejąć rolę górnej części trzonu komina. Pierścień podpierający w postaci rusztu będzie sztywno zamocowany do trzonu komina w taki sposób, aby zapewnić przeniesienie obciążenia przekazywanego przez nowy płaszcz komina na dolną część trzonu komina. Nowy płaszcz komina będący powierzchniowym dźwigarem kasetonowym wykonany będzie z żelbetu metodą ślizgową. Będzie on na dolnej krawędzi wspierał się na ruszcie podpierającym oraz będzie punktowo połączony ze starym trzonem komina za pomocą krótkich stalowych łączników zapewniających częściowe zespolenie tych elementów. Wprowadzenie do konstrukcji wypełnienia lekkim materiałem Foamglass ma na celu zredukowanie ciężaru własnego nowego płaszcz komina.

Zaproponowana technologia modernizacji spełnia szereg istotnych warunków:

- zapewnia trwałość konstrukcji na okres minimum 20 lat,
- spełnione są warunki bezpieczeństwa w trakcie wykonywania modernizacji oraz w trakcie dalszej eksploatacji; po modernizacji łącz-



Rys. 1. Schemat konstrukcji komina (a) przed modernizacją, (b) po modernizacji



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia otworów badawczych

na masa konstrukcji będzie nieco mniejsza niż przed modernizacją, – okres wyłączenia komina z eksploatacji z uwagi na modernizację komina jest zminimalizowany i dostosowany do oczekiwań użytkownika konstrukcji.

3. Problem posadowienia komina

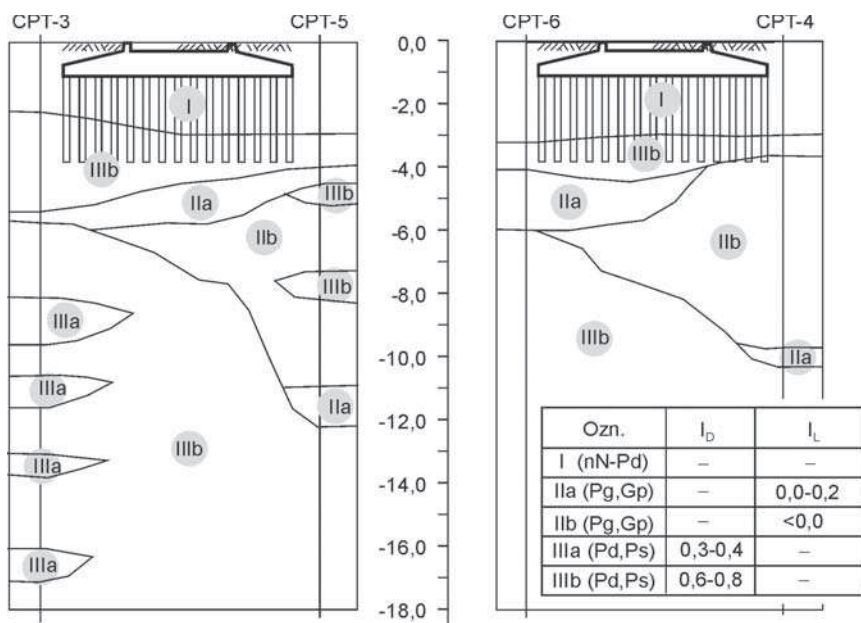
Komin posadowiony jest na fundamencie palowym, na który składa się: – kołowa żelbetowa płyta fundamentowa o średnicy 18,0 m i zmiennej grubości od 0,80 m na brzegu zewnętrznym do 2,00 m w obszarze trzonu komina, – 75 pali Franki o średnicy 0,52 m i długości 6,0÷10,0 m. Podłoże gruntowe jest bardzo niejednorodne. Badania podłoża gruntowego wykonane przez firmę Geoteko [3] obejmowało wykonanie ośmiu odwiertów badawczych oraz sześciu sondowań CPT w bezpośrednim sąsiedztwie fundamentu komina (rys. 2). Na podstawie tych badań określono profile geotechniczne na dwóch ortogonalnych kierunkach osiowych fundamentu (rys. 3). Ponadto wyniki badań CPT pozwoliły na oszacowanie nośności pala dla poszczególnych odwiertów w zależności od jego długości. Nośność pali wyznaczono metodą Energopol

[4, 5], wyniki zestawiono na rysunku 4. Wobec braku szczegółowych danych dotyczących rzeczywistej długości poszczególnych pali przyjęto, że stopy pali zgodnie z projektem były osadzone w warstwie nośnej na głębokości co najmniej 1,0 m. W celu wyznaczenia obciążenia pali analizowano numerycznie fundament palowy przyjmując, że jego modelem była płyta cienka Kirchhoffa-Love'a podparta na palach traktowanych jako sprężyste punktowe podpory.

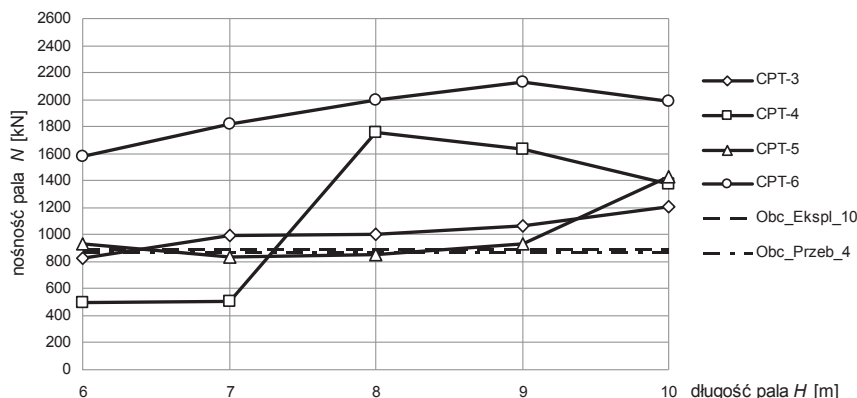
Obciążenie płyty fundamentowej pochodzące od obciążenia trzonem komina, obciążenia gruntem i ciężarem własnym wywołuje w palach zmienne pole reakcji. Maksymalne reakcje w skrajnych palach wynoszą odpowiednio: 874 kN dla fazy realizacji (Obc_Przeb_4) oraz 891 kN dla fazy eksploatacji (Obc_Ekspl_10). Porównanie obciążenia maksymalnego pali z nośnością pali dla poszczególnych odwiertów (rys. 4) wskazuje, że jedynie w przypadku CPT-4 dla pali o długości mniejszej niż 7,0 m nośność pala jest mniejsza niż jest to wymagane. Jednocześnie szczegółowa analiza przekroju geotechnicznego w otworze CPT-4 upoważnia do postawienia tezy, że w tym obszarze długość pali musi być większa niż 8,0 m, ponieważ na tej głębokości występują grunty o właściwej nośności. Generalnie badania CPT oraz dalsza analiza otrzymanych tą drogą wyników wskazuje, że mimo niejednorodności podłoża, nośność fundamentu palowego jest wystarczająca do przeniesienia maksymalnych obciążeń komina.

4. Podsumowanie

Zaproponowana metoda modernizacji komina jest w pełni efektywną



Rys. 3. Przekroje geotechniczne pod fundamentem palowym



Rys. 4. Nośność pali dla poszczególnych badań CPT w zależności od długości pali

metodą rewitalizacji konstrukcji żelbetowego kominu przemysłowego. Jednocześnie metoda ta jest metodą ekonomiczną – okres wyłączenia kominu z pracy jest stosunkowo krótki, w przypadku modernizowanego kominu w Elektrowni Ostrołęka wynosi on 4 miesiące. W trakcie realizacji modernizacji

oraz w trakcie dalszej eksploatacji komin spełni warunki bezpieczeństwa. Jedynie w krótkim okresie czasu około 1 miesiąca całkowite obciążenie pionowe kominu może być do 32% większe niż obciążenie aktualne. Ponieważ dla krótkiego okresu czasu można zredukować obciążenie wiatrem o 30%, cał-

kowite obliczeniowe obciążenie fundamentu pozostaje na niezmiennym poziomie. Po zakończeniu modernizacji całkowite pionowe obciążenie kominu będzie nieco mniejsze od obciążenia sprzed modernizacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ekspertyza stanu technicznego kominu żelbetowego $h=120$ m El. B Zespołu Elektrowni Ostrołęka S.A. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa, listopad 2008
- [2] Badania konstrukcji żelbetowego kominu $h=120$ m w ENERGA Elektrowni Ostrołęka S.A., Raport serii SPR nr 6/2009 Instytutu Inżynierii Łądowej Politechniki Wrocławskiej, maj 2009
- [3] Badania geotechniczne w sąsiedztwie fundamentu kominu na terenie Elektrowni Ostrołęka. GEOTEKO Projekty i Konsultacje Geotechniczne Spółka z o.o., wrzesień 2009
- [4] Gwizdała K., Stępczowski M., Charakterystyka metod określania nośności pali przy wykorzystaniu sondy statycznej CPT. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 6/1998, s. 302–307
- [5] PN-83/B-02482: Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.

Wybrane zagadnienia prawne dotyczące żelbetowych kominów przemysłowych

Dr inż. Rajmund Oruba, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

1. Wprowadzenie

Jednym z celów ustawy Prawo budowlane [4] jest zapewnienie bezpiecznego użytkowania obiektów budowlanych. Właściciel lub zarządca obiektu budowlanego ma obowiązek utrzymywać obiekt w należyłym stanie technicznym i estetycznym. Nie można dopuścić do nadmiernego pogorszenia właściwości użytkowych i sprawności technicznej w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji, pożarowego i użytkowania. Mając to na uwadze, ustawodawca nałożył na właścicieli lub zarządców obiektów budow-

lanych szereg obowiązków, m.in. przeprowadzania okresowych, rocznych i pięcioletnich kontroli stanu technicznego. Propozycję zakresu i sposobu przeprowadzenia tych przeglądów w odniesieniu do żelbetowych kominów przemysłowych przedstawiono w pracy [1].

W artykule podjęto problem instrukcji eksploatacji obiektów budowlanych, z reguły zaniebawiany przez uczestników procesu budowlanego.

Artykuł 60. ustawy Prawo budowlane [4] dotyczący przekazania budowy i dokumentacji powykonawczej ma brzmienie: „inwestor,

oddając do użytkowania obiekt budowlany, przekazuje właścicielowi lub zarządcy obiektu dokumentację budowy i dokumentację powykonawczą. Przekazaniu podlegają również inne dokumenty i decyzje dotyczące obiektu, a także, w razie potrzeby, instrukcje obsługi i eksploatacji: obiektu, instalacji i urządzeń związanych z tym obiektem”.

Powyższy zapis jest mało precyzyjny. Nie określa dokładnie kto ma sporządzić instrukcję eksploatacji oraz jak interpretować sformułowanie, że należy ją przekazać „w razie potrzeby”.