

Rodzimierz SOKÓŁ

Centralne Biuro Konstrukcji Kocioł  
Tarnowskie Góry

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA KOMPLEKSOWEJ IDENTYFIKACJI PROCESÓW DLA POTRZEB PROJEKTOWANIA, KONTROLI EKSPLOATACJI I DIAGNOSTYKI URZĄDZEŃ CIEPLNYCH

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono problematykę kompleksowej identyfikacji procesów jako elementu nowoczesnego projektowania urządzeń cieplnych. Podkreślono możliwości zastosowania metod identyfikacji dla potrzeb eksploatacji i analizy wyników diagnostyki urządzeń. Przedstawiono przykład symulacji komputerowej wybranych urządzeń modernizowanej pętli syntezy amoniaku.

### 1. WSTĘP

Wiele urządzeń ciśnieniowych, pracujących w energetyce i chemii, ma już za sobą znaczny okres eksploatacji.

Zaprojektowane zostały przed laty w oparciu o ówczesną wiedzę i wymagania przepisów, które nie narzucały na projektanta obowiązku zagwarantowania, że urządzenie będzie w stanie pracować przez okres 25-30 lat w cyklicznie zmieniających się warunkach obciążeń cieplnych i mechanicznych, powstających podczas planowych rozruchów i odstawień, odstawień awaryjnych, zmian obciążenia, prób ciśnieniowych itp.

Brak analizy wpływu stanów dynamicznych na wyczerpywanie się zapasu wytrzymałości (ubytek trwałości) elementów konstrukcyjnych na etapie projektowania oraz okresowo podczas eksploatacji sprawia, że obiektywnie następujący ubytek trwałości urządzeń nie jest znany do momentu wystąpienia groźnych w skutkach i kosztownych do usunięcia awarii.

Przykładem mogą posłużyć ostatnie awarie walczaków kocioł w niektórych elektrowniach i elektrociepłowniach w Polsce.

Ekspertyzy przyczyn awarii natrafiają na brak teoretycznych danych porównawczych, które powinny powstać na etapie projektowania, oraz wiarygodnych danych eksploatacyjnych.

Świadomość powyższego stwarza zapotrzebowanie na prace z zakresu modelowania i diagnostyki urządzeń ciśnieniowych w celu:

- a) określenia teoretycznego i rzeczywistego poziomu ubytku trwałości elementów konstrukcyjnych po wieloletniej eksploatacji w warunkach obciążeń niskocyklicznych, wywołanych zmiennymi obciążeniami cieplnymi i mechanicznymi oraz peizaniem materiału,
- b) oceny możliwego jeszcze okresu dalszej eksploatacji urządzeń, by zaplanować remonty, modernizację lub wymiany elementów na nowe.
- c) opracowania programów eksploatacji urządzeń, ograniczających zmniejszanie się zapasu trwałości elementów konstrukcyjnych poniżej dopuszczalnego poziomu.
- d) oprzyrządowania urządzeń, zaprojektowania i oprogramowania układów centralnej rejestracji i przetwarzania danych, uwzględniających konieczność zabezpieczenia wymaganego poziomu trwałości elementów konstrukcyjnych podczas eksploatacji urządzeń i instalacji.

W przypadku urządzeń nowych, modernizacji lub rekonstrukcji istniejących, niezbędne jest, aby projektowane rozwiązania gwarantowały oszczędność paliw i energii, spełniały wymagania ochrony środowiska oraz zapewniały utrzymanie odpowiedniego poziomu trwałości elementów konstrukcyjnych przez cały okres ich przyszłej eksploatacji.

Spełnienie tych wymagań jest możliwe poprzez wykorzystanie metod i technik projektowania, opartych na kompleksowej identyfikacji procesów, zachodzących w urządzeniach energetycznych podczas ich eksploatacji.

Wspomniane metody zostały opracowane dla potrzeb energetyki jądrowej [1] i są nadal rozwijane w ramach programu automatyzacji projektowania kotłów, wymienników ciepła i urządzeń przygotowania wody [2].

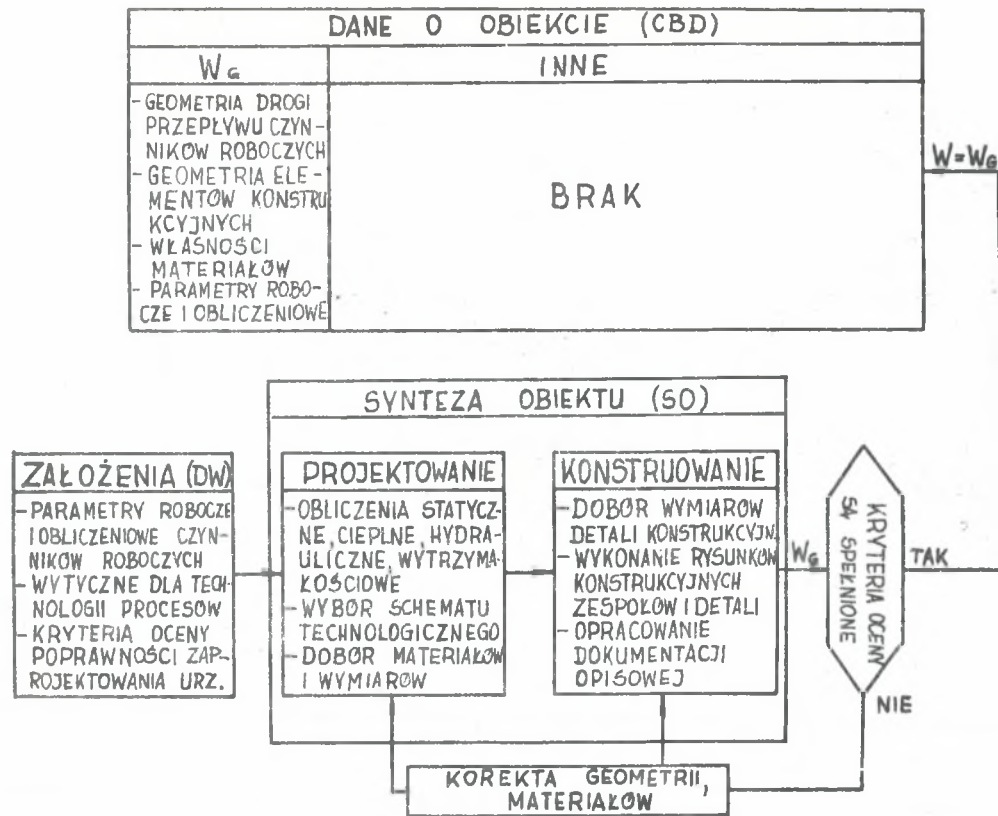
W połączeniu z metodami badań materiałowych, stanowią perspektywę ich zastosowania w diagnostyce i kontroli prawidłowości eksploatacji urządzeń.

## 2. TRADYCYJNY ZAKRES PROJEKTOWANIA URZĄDZEŃ

Analiza przebiegu procesu projektowania urządzeń cieplnych dla energetyki zawodowej, ciepłownictwa, chemii itd. pozwala wyrazić tradycyjny zakres prac projektowych, stosowany w przypadku większości urządzeń krajowych, w postaci pokazanej na Rys.1.

Proces projektowania rozpoczyna się z chwilą otrzymania założeń (DW na Rys.1), którymi najczęściej są:

- podstawowe parametry obliczeniowe i robocze czynników wypełniających urządzenie (temperatury, ciśnienia, wydatki itp.),
- założenia dotyczące procesu technologicznego, jaki urządzenie ma realizować (podgrzanie wody, generacja pary itp.),
- dane o układzie technologicznym całości instalacji, w której przewidziano pracę urządzenia,



Rys.1. Tradycyjny zakres procesu projektowania urządzeń cieplnych  
 Fig.1. Traditional range of the design process of heat exchange equipment.

- dane o rodzaju przepisów, w oparciu o które następować ma odbiór dokumentacji i urządzenia przez organy dozoru technicznego.

Można przyjąć, że właściwy proces projektowania, który dalej określamy będzie jako synteza obiektu, zawiera w sobie dwa zasadnicze etapy prac:

- projektowanie, obejmujące ciąg czynności związanych z doбором schematu technologicznego urządzenia oraz określeniem jego podstawowych wymiarów konstrukcyjnych, w oparciu o zestaw statycznych obliczeń cieplnych, hydraulicznych, wytrzymałościowych i innych; proces ten realizowany jest w celu uzyskania zgodności rozwiązań konstrukcyjnych z założeniami ( kryteriami oceny ), w tym przede wszystkim ze statycznymi kryteriami wytrzymałościowymi,
- konstruowanie, stanowiące rozpracowanie konstrukcyjne węzłów i detali urządzenia, z wykonaniem rysunków konstrukcyjnych, opracowaniem zestawień materiałowych ( specyfikacji ), instrukcji montażu, eksploatacji oraz pozostałej dokumentacji opisowej.

W wyniku zakończenia prac projektowych całkowita informacja o obiekcie, która na Rys.1 oznaczono wektorem  $\Omega$ , nie jest pełna i ogranicza się zaledwie do opisu geometrii drogi przepływu czynników roboczych oraz podstawowej geometrii elementów konstrukcyjnych.

Sygnalem do zakończenia procesu projektowania jest uzyskanie takich wymiarów elementów konstrukcyjnych, które zapewniają spełnienie statycznych kryteriów wytrzymałościowych, podanych w przepisach dozorowych np. [3] oraz założeń technologicznych (spełnienie kryteriów oceny na Rys.1 ).

Jeśli powyższe informacje, łącznie z parametrami obliczeniowymi i roboczymi czynników oraz własnościami zastosowanych materiałów konstrukcyjnych, wynikających z założeń projektowych oznaczyć wektorem  $\Omega_a$ , wówczas cała wiedza o urządzeniu uzyskana w procesie projektowania ogranicza się do tego wektora. Zachodzi więc tożsamość:

$$\Omega = \Omega_a \quad (1)$$

Fakt ten zilustrowano na Rys.1 pustym polem w bloku danych o obiekcie, aby podkreślić niedostatek wiedzy o urządzeniu, jakiej dostarcza tradycyjny sposób projektowania.

Tradycyjny sposób projektowania realizowany jest w oparciu o typowe środki techniczne, jak: deska kreślarska, kalkulator lub pojedyncze programy komputerowe z zakresu analizy statycznej i charakteryzuje się między innymi:

- brakiem analizy pracy urządzeń w stanach nieustalonych dla kontroli poprawności przyjętych rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych oraz ustalenia optymalnych założeń dla ich przyszłej eksploatacji,
- brakiem możliwości oceny wpływu sposobu prowadzenia ruchu urządzeń w stanach eksploatacyjnych, awaryjnych oraz podczas zakłóceń warunków pracy nominalnej na żywotność elementów konstrukcyjnych,
- częstą awaryjnością urządzeń po kilku latach eksploatacji, nawet przy

prawidłowej pracy automatyki, w wyniku nie przeprowadzania na etapie projektowania oceny wpływu pracy obiektu w stanach nieustalonych na wyczerpywanie się zapasów wytrzymałości elementów konstrukcyjnych pod wpływem cyklicznie powtarzających się obciążeń cieplnych i mechanicznych.

niską wydajnością, umożliwiającą w praktyce rozpatrywanie zaledwie pojedynczych, nie zawsze technicznie i ekonomicznie najlepszych wariantów rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych urządzeń.

Podsumowanie powyższej analizy prowadzi do stwierdzenia, że tradycyjny sposób projektowania jest dalece niewystarczający dla opracowywania nowoczesnych rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych urządzeń.

Uwidacznia się więc potrzeba kompleksowego podejścia do problematyki projektowania z uwzględnieniem konieczności prowadzenia identyfikacji wszystkich procesów i zjawisk zachodzących w urządzeniach energetycznych, które rzutują na ich bezpieczną i ekonomiczną eksploatację oraz obniżanie negatywnych skutków dla otoczenia.

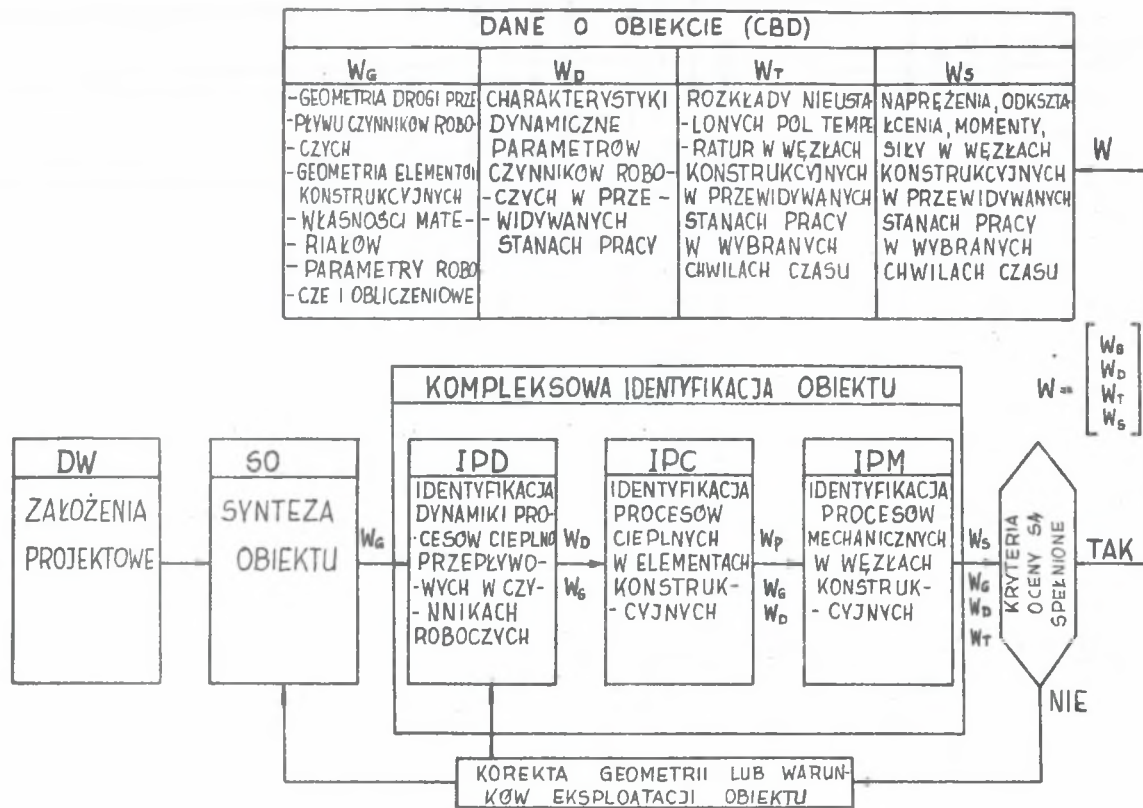
### 3. KOMPLEKSOWA IDENTYFIKACJA PROCESÓW

Zakres kompleksowej identyfikacji procesów wynika z wniosków z przeprowadzonej analizy niedostatków tradycyjnego sposobu projektowania urządzeń. Wnioski te podpowiadają potrzebę prowadzenia na etapie projektowania symulacji pracy urządzeń i ich elementów konstrukcyjnych w warunkach przyszłej 25-30-letniej eksploatacji.

W świetle powyższego zakres projektowania wymaga bardzo znacznej rozbudowy o zestaw wzajemnie na siebie oddziałujących procesów dynamicznych zachodzących w czynnikach roboczych oraz cieplnych i mechanicznych w elementach konstrukcyjnych, które umownie można rozpatrywać w trzech grupach zagadnień szczegółowych:

- identyfikacji procesów dynamicznych zachodzących w czynnikach roboczych w stanach nieustalonych: eksploatacyjnych, awaryjnych i podczas zakłóceń pracy nominalnej, z uwzględnieniem działania układów automatyki, ich struktury i nastaw oraz wpływu urządzeń na otoczenie.
- identyfikacji procesów cieplnych zachodzących w elementach konstrukcyjnych urządzeń i ich otoczeniu w stanach nieustalonych.
- identyfikacji procesów mechanicznych i wytrzymałościowych zachodzących w elementach konstrukcyjnych urządzeń pod wpływem cyklicznie powtarzających się obciążeń cieplnych i mechanicznych, wywoływanych pracą w stanach nieustalonych.

Ogólny schemat zakresu projektowania, poszerzonego o kompleksową identyfikację procesów, przedstawia Rys.2. Postulowany przebieg procesu projektowania powinien więc obejmować syntezę obiektu oraz jego kompleksową identyfikację.



Rys.2. Poszerzony zakres procesu projektowania urządzeń cieplnych.  
Fig.2. Extended range of the design process of heat exchange equipment.

### 3.1. ETAP SYNTEZY OBIEKTU

Pod względem zakresu wykonywanych prac (porównaj Rys.1 i Rys.2) etap ten odpowiada stosowanemu w przypadku projektowania tradycyjnego, lecz jego przebieg i sposób realizacji powinien przebiegać w korelacji z następującym po nim etapem kompleksowej identyfikacji. Wiąże się to z koniecznością użycia w procesie projektowania nowoczesnych środków technicznych, np. poprzez zastosowanie techniki CAD (Computer Aid Design), stworzeniem baz danych o urządzeniu oraz możliwości szerokiego korzystania z ich zasobów.

Informacje uzyskane w wyniku syntezy obiektu w postaci składowych wektora  $W_d$  (patrz Rys.2) stanowią dane wyjściowe dla przeprowadzenia kompleksowej identyfikacji urządzeń.

### 3.2. ETAP KOMPLEKSOWEJ IDENTYFIKACJI OBIEKTU

Omawiany etap stanowi nowum w procesie projektowania. Powinien obejmować opracowywanie modeli matematycznych i komputerową symulację zjawisk i procesów występujących podczas eksploatacji urządzeń, z uwzględnieniem wzajemnych powiązań i zależności pomiędzy poszczególnymi zagadnieniami szczegółowymi.

Założenia dotyczące omawianego etapu projektowania wymagają krótkiej charakterystyki w odniesieniu do poszczególnych zagadnień szczegółowych.

#### 3.2.1. IDENTYFIKACJA PROCESÓW CIEPLNO-PRZEPIWOWYCH W CZYNNIKACH ROBOCZYCH

Znajomość charakterystyk dynamicznych parametrów czynników roboczych, takich jak: ciśnień, temperatur, wydatków, strumieni ciepła itp., odpowiadających pracy urządzenia w normalnych warunkach eksploatacji, przy ich naruszeniu oraz w sytuacjach awaryjnych, jest niezbędna dla jego poprawnego zaprojektowania oraz ustalenia trafnych założeń dla przyszłej eksploatacji.

W świetle powyższego identyfikacja procesów cieplno-przepływowych zachodzących w czynnikach roboczych, zmierzająca do szerokiego rozpoznania własności dynamicznych urządzeń, stanowi istotny etap nowoczesnego projektowania.

Informacje o własnościach dynamicznych, oznaczone na Rys.2 wektorem  $W_d$ , stanowią ponadto ważne dane założeniowe dla identyfikacji pozostałych zagadnień szczegółowych: cieplnych i wytrzymałościowych w elementach konstrukcyjnych.

Opracowane na tym etapie modele matematyczne obiektów, rozbudowane o

modele układów automatyki, powinny pozwalać na teoretyczną weryfikację struktury i nastaw tych układów oraz postulowanie ewentualnych zmian warunków eksploatacji urządzenia, jego schematu technologicznego lub konstrukcji.

### 3.2.2. IDENTYFIKACJA PROCESÓW CIEPLNYCH W ELEMENTACH KONSTRUKCYJNYCH

Wyniki identyfikacji dynamiki procesów ciepło-przepływowych zachodzących w czynnikach roboczych i postulowane na ich podstawie ewentualne zmiany warunków eksploatacji obiektu, które powinny realizować układy automatyki, wymagają potwierdzenia, czy konstrukcja urządzenia będzie w stanie przenosić wynikające stąd obciążenia cieplne i mechaniczne.

W związku z powyższym w procesie kompleksowej identyfikacji niezbędna jest symulacja procesów cieplnych, zachodzących w elementach konstrukcyjnych urządzeń pod wpływem zmian dynamicznych parametrów czynników roboczych w przewidywanych stanach pracy obiektu.

Wyniki omawianego rodzaju identyfikacji procesów dostarczają danych, oznaczonych na Rys.2 wektorem  $W_T$ , o dynamice pól temperatur w elementach konstrukcyjnych urządzenia oraz w przyległych do nich warstwach materiałów izolacyjnych i warstwach wypełnionych czynnikami roboczymi.

Analiza niestabilnych pól temperatur w elementach konstrukcyjnych nie daje możliwości dokonania ostatecznej oceny jakościowej wpływu stanów niestabilnych na obniżanie się żywotności elementów konstrukcyjnych urządzenia. Stanowi jednak niezbędne źródło informacji dla dalszej analizy wpływu obciążeń cieplnych na wytrzymałość materiałów konstrukcyjnych w przewidywanych stanach pracy.

### 3.2.3. IDENTYFIKACJA PROCESÓW MECHANICZNYCH W ELEMENTACH KONSTRUKCYJNYCH

Uzyskane podczas identyfikacji procesów cieplnych rozkłady niestabilnych pól temperatur w elementach konstrukcyjnych dla kolejnych chwil czasu, wraz z wynikami identyfikacji procesów ciepło-przepływowych, stanowią dane dla symulacji procesów mechanicznych, zachodzących w konstrukcji urządzenia.

W wyniku symulacji na modelach matematycznych pracy elementów konstrukcyjnych urządzenia w przewidywanych warunkach przyszłej eksploatacji, uzyskuje się obrazy odkształceń i pól naprężeń w konstrukcji w stanach przejściowych.

Wyniki omawianego etapu identyfikacji, oznaczone na Rys.2 wektorem  $W_M$ ,



po odpowiednim przetworzeniu, umożliwiają dokonywanie oceny prawdziwości zaprojektowania konstrukcji urządzenia oraz wpływu stanów nieustalonych na jego bezpieczną i niezawodną pracę.

Ostateczna ocena wyników obliczeń wytrzymałościowych następuje na bazie odpowiednio sformułowanych kryteriów oceny, np. w oparciu o przepisy [4,5] i stanowi element procesu projektowania umożliwiający właściwie sprycyzować założenia dla przyszłego prowadzenia ruchu urządzeń oraz ocenę ubytku trwałości elementów konstrukcyjnych.

### 3.2.4. CECHY POSZERZONEGO ZAKRESU PROJEKTOWANIA URZĄDZEŃ

W wyniku realizacji zaproponowanego zakresu projektowania, poszerzonego o kompleksową identyfikację procesów (porównaj Rys.2 z Rys.1), zbiór danych o obiekcie  $W$  wzrasta w porównaniu z tradycyjnym sposobem projektowania, obejmującym zaledwie wektor geometrii  $W_G$ , o dodatkowe informacje, zarejestrowane pod składowymi wektorów  $W_D$ ,  $W_T$ ,  $W_S$ . Można więc przyjąć, że proces projektowania urządzeń oparty na kompleksowej identyfikacji procesów, zmierza do poznania składowych wektora "W", opisującego stan badanego obiektu (patrz Rys.2).

Wektor ten można zapisać w postaci:

$$W = [W_G \cdot W_D \cdot W_T \cdot W_S] \quad (2)$$

Poszczególne składowe wektora  $W$  są ze sobą sprzężone i z wyjątkiem składowej  $W_G$  są zależne od czasu.

Składowe  $W_D$ ,  $W_T$ ,  $W_S$  wektora  $W$  dotyczą fazy kompleksowej identyfikacji procesów, natomiast składowa  $W_G$  wynika z etapu syntezy obiektu.

Porównując przebieg procesu projektowania, poszerzonego o kompleksową identyfikację procesów, zauważa się, że zanikają niedomagania charakterystyczne dla tradycyjnego sposobu projektowania.

Projektant urządzenia oraz przyszły użytkownik uzyskują wyczerpujący zestaw informacji o konstrukcji urządzenia i jego możliwościach ruchowych. Możliwe staje się nie tylko rozpoznawanie cech konstrukcyjnych i ruchowych urządzeń, lecz, co ważniejsze, ich kształtowanie w procesie projektowania oraz kontrola podczas eksploatacji.

W przypadku urządzeń już pracujących, zarchiwizowany zbiór danych o obiekcie  $W$ , opisujący prognozowany jego stan w okresie kilkudziesięciu lat eksploatacji, pozwala na dokonywanie okresowej oceny stopnia wyczerpania się zapasu żywotności elementów konstrukcyjnych (ubytku trwałości) i na tej podstawie wprowadzanie korekt programów eksploatacji, planowanie terminów remontów, kierunków i zakresu modernizacji lub rekonstrukcji urządzeń.

#### 4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA KOMPLEKSOWEJ IDENTYFIKACJI PROCESÓW

Na podstawie ogólnego schematu z Rys.2. opracowano ujednoliconą metodykę modelowania, wspólną dla wszystkich zagadnień szczegółowych, pozwalającą wyznaczać składowe wektora  $\Omega$ . Metodyka ta obejmuje:

- zasady budowy modeli matematycznych w obrębie poszczególnych zagadnień szczegółowych,
- algorytmy rozwiązywania modeli matematycznych, dotyczących poszczególnych zagadnień szczegółowych,
- opis struktury, sposobu przekazywania i rejestrowania w bazach danych ( CBD na Rys.2 ), składowych wektora  $\Omega$ , w komputerowo wspomaganym procesie projektowania,
- komputerową realizację kompleksowej identyfikacji procesów w postaci systemu automatyzacji projektowania [2].

Ograniczona objętość artykułu nie pozwala na prezentację wspomnianej metodyki, a jedynie skrótowe przedstawienie przykładu zastosowania w praktyce.

Jako przykład zastosowania kompleksowej identyfikacji procesów wybrano urządzenie, modernizowanej instalacji syntezy amoniaku dla Zakładów Azotowych Kędzierzyn, której uproszczony schemat pokazuje Rys.3.

Proces identyfikacji dotyczył dwóch klas zagadnień:

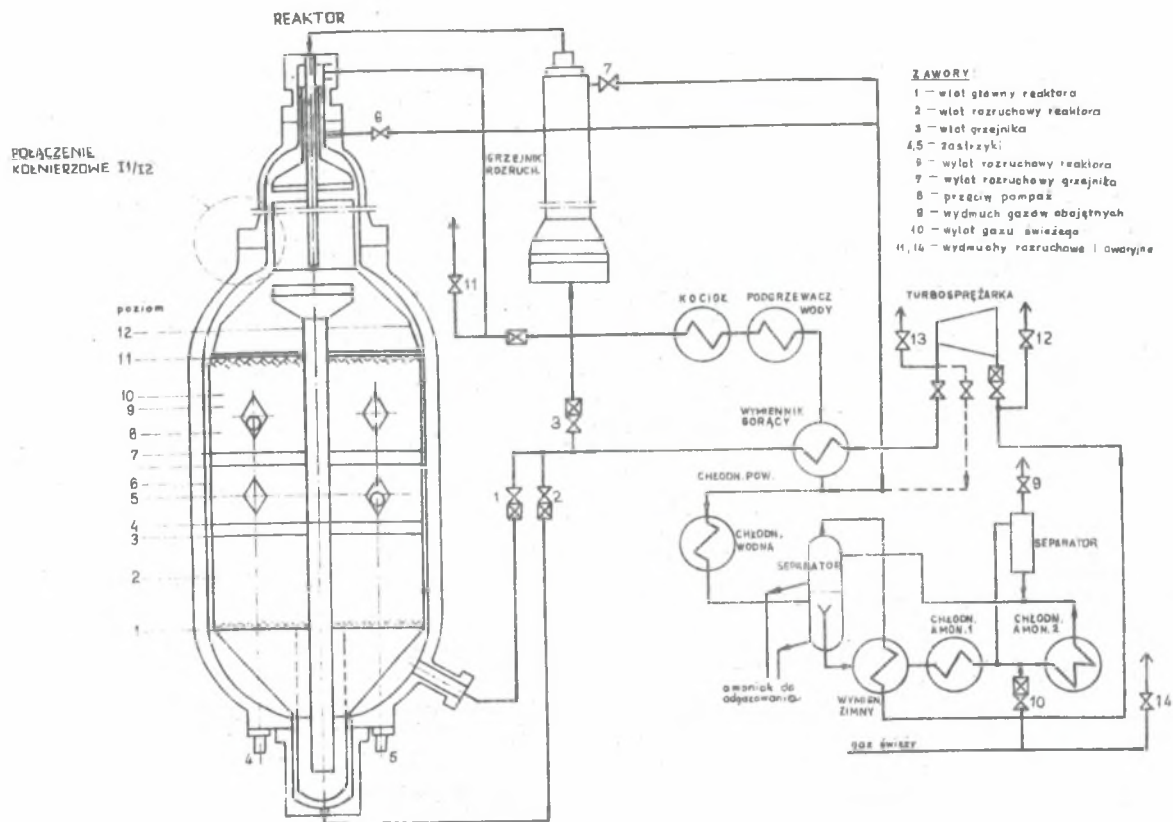
- zaprojektowania prototypowych wymienników ciepła,
- diagnostyki przyczyn nieszczelności reaktora.

Na Rys.4 pokazano schemat wymiennika zimnego, którego proces projektowania obejmował identyfikację procesów cieplnych i mechanicznych w elementach konstrukcyjnych ( IPC i IPM na Rys.2 ) w założonych przez projektanta warunkach przyszłej eksploatacji. Na Rys.5 i Rys.6 przedstawiono odpowiednio: siatkę modelu matematycznego wymiennika do identyfikacji procesów mechanicznych metodą elementów skończonych oraz warstwice odkształceń wypadkowych w warunkach obciążenia ciśnieniem roboczym.

Wyniki obliczeń naprężeń analizowane były w oparciu normy ASME [4], które stanowiły kryteria oceny prawidłowości zaprojektowania urządzenia ( kryteria oceny na Rys.2 ). Zastosowanie ujednoliconej metodyki identyfikacji pozwoliło na dokonanie weryfikacji rozwiązań konstrukcyjnych, opracowanych na etapie projektowania ( SO na Rys.2 ).

Podczas prób odbiorowych reaktora wystąpiły nieszczelności na połączeniu kołnierzowym I1/I2. W celu wykrycia przyczyn nieszczelności opracowano model części górnej reaktora, obejmującej korpus i połączenie kołnierzowe. Wspomniany model przedstawia Rys.7.

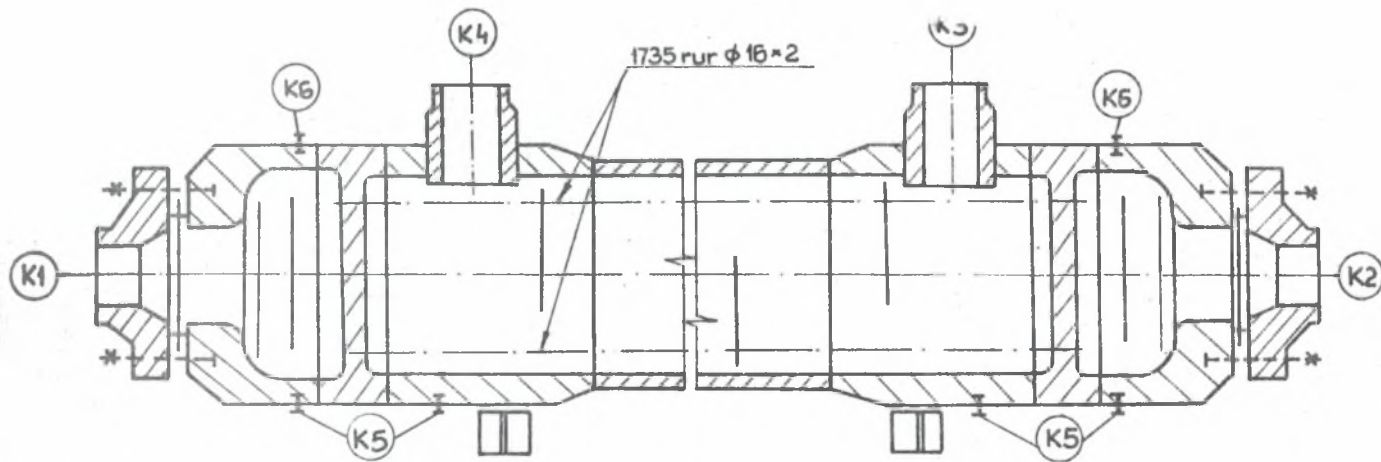
Przeanalizowano dwa z zastosowanych uszczelnień: typu O-ring i spiralne. Wyniki symulacji komputerowych, które przedstawiono na Rys.8 pozwoliły wykryć nieprawidłowości konstrukcyjne połączenia kołnierzowego oraz opracować sposób naprawy, gwarantujący szczelność i wytrzymałość reaktora. Wyniki identyfikacji procesów potwierdzone



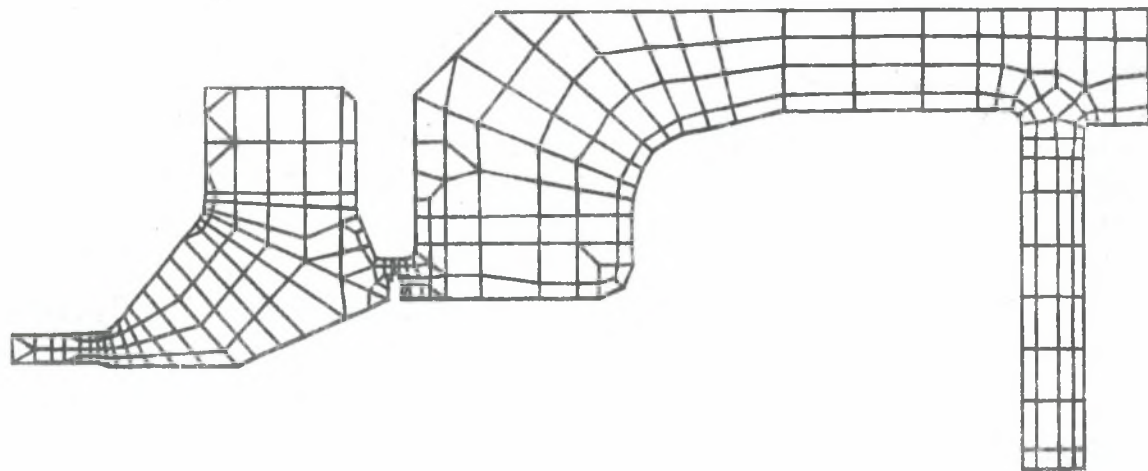
Ryb.3. Uproszczony schemat petli syntezy amoniaku.  
Fig.3. Simplify scheme of the synteis loop of ammonia.

Podstawowe parametry		
Parametr, jednostka	Płaszcz	Rurki
Ciśnienie obl. MPa	31.38	31.38
Temperatura obl. °C	50	50
Pojemność m <sup>3</sup>	4.275	30
Pow. wym. ciepła m <sup>2</sup>	865	

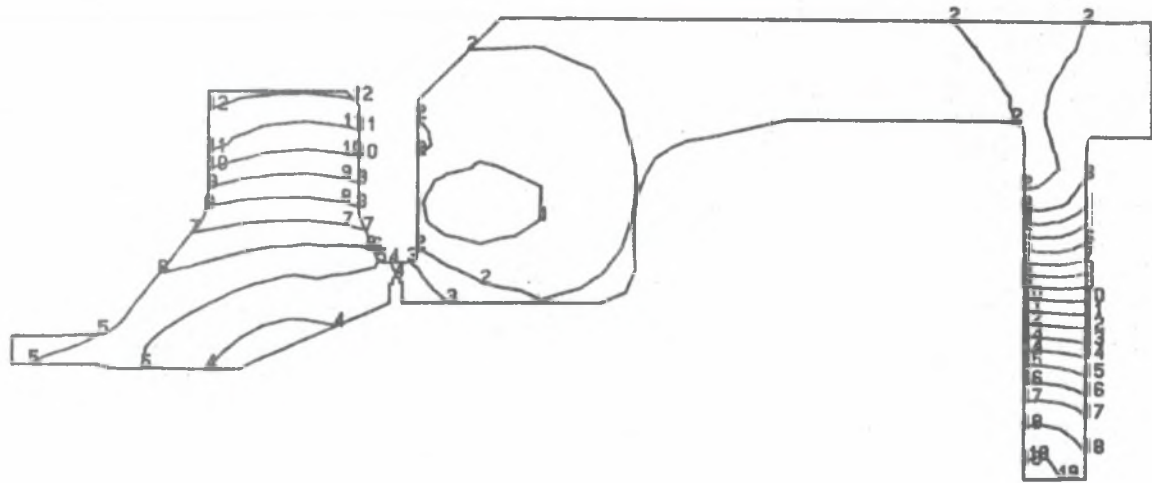
Wykaz króćców	
Oznac.	Przeznaczenie
K1	Wlot gazu syntezowego
K2	Wylot gazu syntezowego
K3	Wlot gazu NH <sub>3</sub>
K4	Wylot gazu NH <sub>3</sub>
K5	Spust
K6	Odpowietrzenie



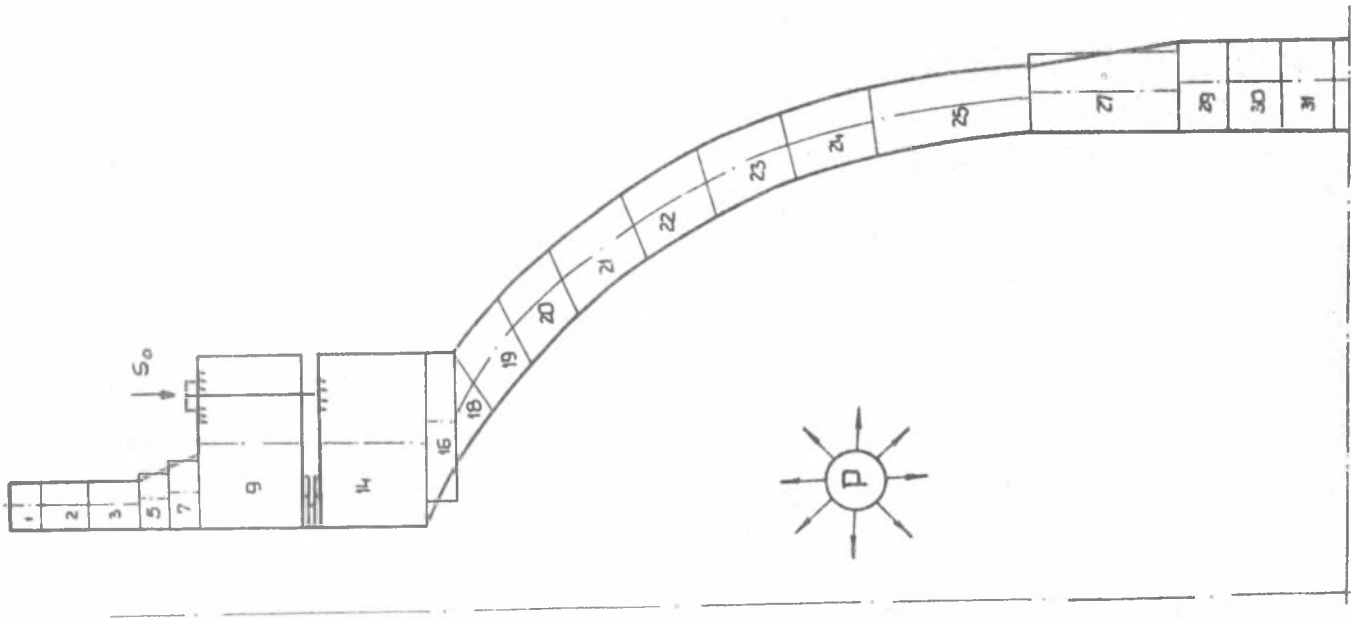
Rys.4. Schemat wymiennika ciepła. Fig.4. Scheme of the heat exchanger.



Rys.5. Siatka modelu wymiennika ciepła dla metody elementów skończonych.  
Fig.5. Mesh of the heat exchanger for the finite element method analysis.



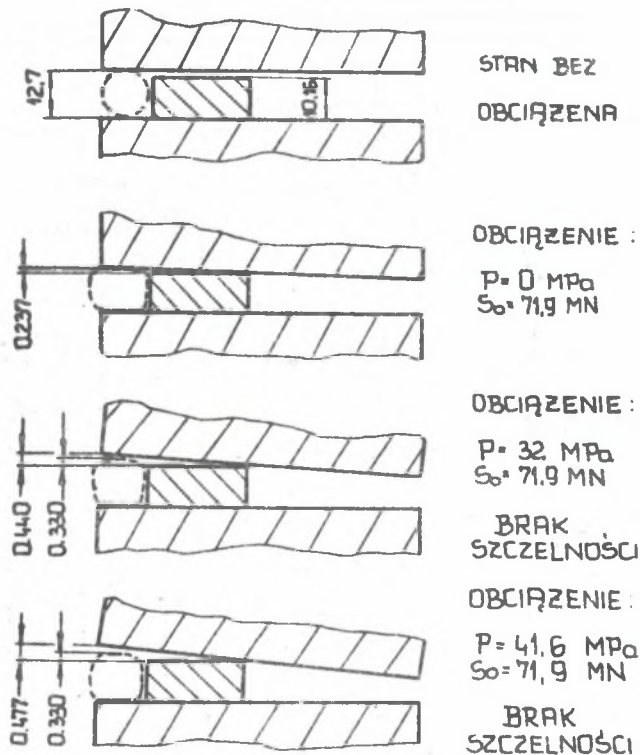
Rys.6. Rozkład odkształceń w wymienniku ciepła pod wpływem ciśnienia nominalnego.  
 Rys.6. Strain distribution in the heat exchanger under the nominal pressure.



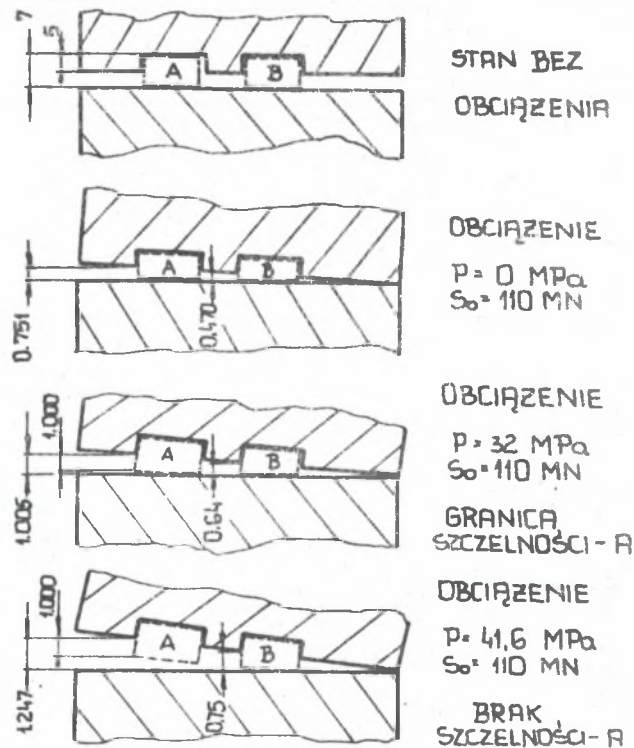
Rys.7. Model matematyczny połączenia I1/I2 reaktora.

Fig.7. Mathematical model of the reactor flanged joint I1/I2.

### USZCZELNIENIE O-RING



### USZCZELNIENIE SPIRALNE



Rys.8. Wyniki analizy nieszczelności połączenia kołnierzewego I1/I2 reaktora.  
Fig.8. Results of the leakage investigation of the reactor flanged joint I1/I2.



zostały eksperymentalnie podczas prób szczelności reaktora. W rezultacie zastosowania metod identyfikacji, w przedstawionych przypadkach uzyskano teoretyczne dane porównawcze, które będą niezbędne dla okresowej oceny ubytku trwałości urządzeń.

### 5. WNIOSKI

Zastosowanie kompleksowej identyfikacji procesów, zachodzących w urządzeniach cieplnych, umożliwia:

- nowoczesne projektowanie nowych urządzeń, z zastosowaniem komputerowego wspomaganie, umożliwiające kształtowanie rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń z uwzględnieniem warunków ich przyszłej eksploatacji,
- ocenę ubytku trwałości elementów ciśnieniowych po wieloletniej eksploatacji w powiązaniu z badaniami diagnostycznymi materiałów,
- wykonywanie analiz powaryjnych dla wykrycia przyczyn awarii i opracowania sposobów naprawy urządzeń,
- modernizację lub rekonstrukcję urządzeń, z uwzględnieniem konieczności zabezpieczenia odpowiedniego poziomu trwałości elementów konstrukcyjnych oraz okresowej kontroli ubytku trwałości podczas eksploatacji,

### LITERATURA

- [1] Sokół W.A. Mathematical Simulation of Properties of Pressure Arrangements for Assurance Reliability of Nuclear Power Plants. Nuclear Engineering and Design, 81 (1984).
- [2] Сокул В.А. Обеспечение безопасности работы теплообменного оборудования АЭС при использовании системы автоматического проектирования. Семинар: Современное Энергетическое Машиностроение, Варна, март, 1988.
- [3] Przepisy Dozoru Technicznego. Obliczenia wytrzymałościowe naczyń ciśnieniowych. Wyd.1975.
- [4] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Nuclear Power Plant Components, section III. New York 1973.
- [5] Нормы расчета на прочность элементов реакторов, парогенераторов, сосудов и трубопроводов атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок. Металлургия, Москва. 1973.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Gerard KOSMAN

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВКАХ, ВО ВРЕМЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, КОНТРОЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ДИАГНОСТИКИ.

#### Р е з ю м е

Представлено вопросы комплексного анализа процессов в энергетических установках, как элементы современного проектирования.

Подчеркнуто возможности использования методов для потребностей эксплуатации и оценки результатов диагностики оборудования.

Указано пример моделирования оборудования тепловой установки синтеза метатирного спирта.

APPLICATION OF THE COMPLEX IDENTIFICATION OF THE PROCESSES IN HEAT EXCHANGE EQUIPMENT IN DESIGN, EXPLOITATION AND DIAGNOSTIC.

#### S u m m a r y

In the paper a complex identification of the processes in heat exchange equipment is presented as a task of modern design.

Application of the identification methods and analysis of the inspection results are pointed out. Results of the the computer simulation of a selected equipment of the modernized syntheses ammonia loop as an example is presented.