

# ET INSPEKTOR

## MONITOROWANIE ZUŻYCIA URZĄDZEŃ CIŚNIENIOWYCH ONLINE



**BARTŁOMIEJ  
SIEDMIOGRODZKI**

Starszy Inspektor  
Dział Urządzeń Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego  
Oddział w Łodzi

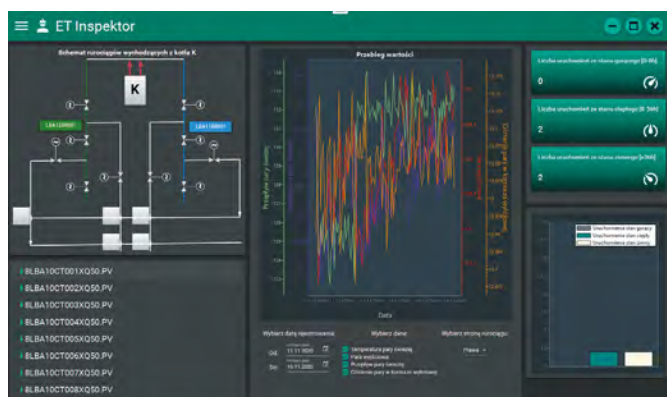


**ILONA  
BADOWSKA**

Dział Urządzeń Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego  
Oddział w Łodzi

Koncepcja powstania programu „ET Inspektor” ma swój początek w projektach strategicznych prowadzonych w UDT. Głównym założeniem jest stworzenie aplikacji, która porządkuje wiedzę na temat bloków energetycznych 200 MW+.

Pierwsze informacje zostały zebrane w postaci ankiet, które pozwoliły wypracować cykliczne raporty o stanie energetyki zawodowej w Polsce. Obecnie prace nad rozwojem i wdrożeniem aplikacji prowadzone są w Centrum Kompetencyjnym ds. Energetyki UDT. Program ET Inspektor z założenia ma być pomocny zarówno dla inspektora, jak również użytkownika, wykorzystując elementy sztucznej inteligencji. Podczas pracy nad ET Inspektorem specjaliści UDT występowali wykłady na wielu konferencjach związanych z energetyką oraz z przemysłem 4.0. Pozwoliło to na wymianę wiedzy oraz obserwację najnowszych technologii wdrażanych w działach utrzymania ruchu w różnych branżach przemysłu. Liczne rozmowy i spotkania dotyczące potrzeb użytkownika związanych z konkretnymi rozwiązaniami przyczyniły się do ewoluowania programu.



Rysunek 1. ET Inspektor – panel główny

Według statystyk UDT 54% bloków energetycznych o mocy 200 MW+ przekroczyło 1000 odstawień, zaś już 10% – ponad 1500.

Symulacje obliczeniowe oraz doświadczenie inżynierskie potwierdziły, że elementy pracujące regulacyjnie wymagają dodatkowej, częstszej diagnostyki i zwiększenia częstotliwości badań. Ważnym elementem potwierdzenia algorytmów matematycznych jest przeprowadzenie badań niszczących elementów o różnym stopniu wyeksploatowania.

Jedną z metod oszacowania trwałości elementu pracującego w warunkach zmęczenia niskocyklicznego jest metoda obliczeniowa opisana w PN-EN 12952-4:2011 – „Kotły wodnorurowe i urządzenia pomocnicze – Część 4: Obliczenia oczekiwanej trwałości kotłów podczas eksploatacji”.

Norma ta odnosi się do **pełzania i zmęczenia** jako **mechanizmów degradacji** wzajemnie od siebie niezależnych. W normie PN-EN 12952-4:2011 opisana jest metoda wyznaczania trwałości elementu za pomocą opomiarowania online.



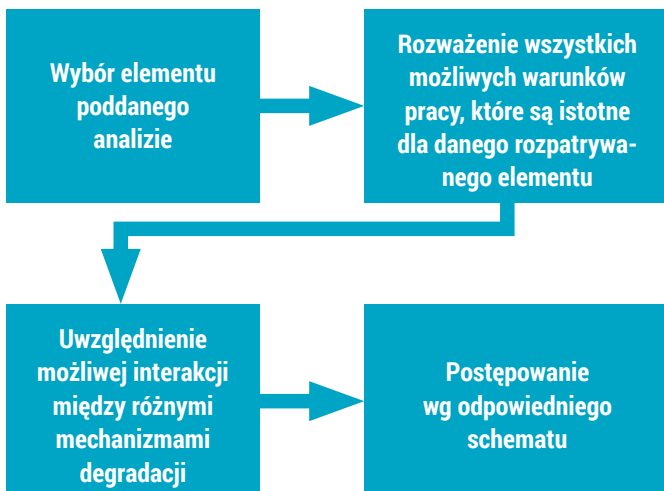
Rysunek 2. ET Inspektor – moduł zużycie zmęczeniu

- Ocena stanu degradacji elementów instalacji energetycznych po długotrwałej eksploatacji w warunkach pełzania i zmęczenia oraz określenie ich przydatności do dalszej eksploatacji wymagają wykonania komplementarnych badań i pomiarów, których dobór jest zależny m.in. od rodzaju i warunków pracy analizowanego elementu konstrukcyjnego, a także od możliwości dostępu do tego elementu.
- Aby oszacować i wyznaczyć bezpieczny czas eksploatacji materiału rurociągów pracujących w warunkach pełzania i zmęczenia, szczególnie po przekroczeniu obliczeniowego czasu pracy, niezbędna jest znajomość ich resztkowej wytrzymałości na pełzanie i charakterystyk zmęczeniowych.
- Ponieważ każda instalacja musi być okresowo odstawiana (odstawienia planowane i nieplanowane), podlegając okresowym naprawom i remontom, niezbędne jest wykonanie sprawdzających wodnych, ciśnieniowych prób szczelności instalacji i jej zdolności do przenoszenia obciążeń w temperaturze próby.
- Dlatego też, oprócz znajomości resztkowej wytrzymałości na pełzanie i zmęczenie niskocykliczne, istotna jest również znajomość podstawowych własności wytrzymałościowych i plastycznych tych materiałów po długotrwałej ich eksploatacji w różnym czasie.

#### BAZOWE ZAŁOŻENIA PRZY PROJEKTOWANIU APLIKACJI

- Aplikacja musi być narzędziem dedykowanym – uniwersalność aplikacji powodowałaby, że aplikacja nie dawałaby zadowalających efektów w procesie analizy.
- Silnik aplikacji musi być jak najbardziej uniwersalny – uniwersalność silnika pozwala na użycie go w innych sektorach przemysłu.
- Należy używać tylko najnowszych środowisk z punktu widzenia IT.

Poza aspektami związanymi z informatyką niezwykle istotny jest wybór metodologii w wyznaczaniu zużycia elementów, co zobrazowano poniżej.



Wdrożenie ET Inspektora to efekt połączenia wiedzy z zakresu energetyki, automatyki, informatyki oraz telekomunikacji, zgodnie z założeniami przemysłu 4.0 takimi jak:

- przetwarzanie dużej ilości danych w chmurze,

- techniki symulacji funkcjonowania obiektów rzeczywistych za pomocą wirtualnych modeli, na podstawie danych dostarczanych i przetwarzanych online,
- analityka dużych zbiorów,
- wykorzystanie internetu rzeczy (IoT)
- zapewnienie bezpiecznej komunikacji, użytkownik – UDT

W dzisiejszych czasach panuje przekonanie, że algorytmy sztucznej inteligencji, a zwłaszcza uczenia maszynowego, są odpowiedzią na wszystkie pytania. Rzeczywistość wygląda jednak inaczej. Sztuczna inteligencja to aktualnie prężnie rozwijający się dział matematyki oraz informatyki. Warto tutaj wspomnieć o obecnie dostępnej technologii – tzw. Artificial Narrow Intelligence. Oznacza to, że możemy symulować inteligentne zachowania człowieka.

Przystępując do wdrażania algorytmów sztucznej inteligencji dla energetyki, w programie ET Inspektor uwzględniono odpowiedzi na pytania tzw. Machine Learning Mindset:

- Czy dysponujemy wszystkimi potrzebnymi danymi?
- Czy dane, którymi dysponujemy, są dostatecznie przygotowane?
- Czy mamy możliwość uzyskania danych, których nam brakuje?
- Jakim zakresem danych dysponujemy?
- Czy istnieje już znane i sprawdzone rozwiązanie, którego możemy użyć?
- Czy wiemy, co chcemy osiągnąć i w jaki sposób?
- Jak wyjaśnić zainteresowanym działanie mechanizmów?

- Zbudowanie odpowiedniego rozwiązania wykorzystującego dane rzeczywiste wymaga posiadania **dużej liczby danych** archiwalnych. Brak danych jest typowym błędem, napędzanym entuzjazmem wynikającym z przekazów marketingowych. Baza danych jest kluczowa w powodzeniu każdego projektu, ponieważ jej brak lub mała liczba danych nie pozwala mechanizmom sztucznej inteligencji na poprawne utworzenie modelu, co wiąże się z błędnymi wynikami analizy.
- Często firmy posiadają wystarczającą ilość danych, które są regularnie uaktualniane, ale w żaden sposób nie są wykorzystywane. Zbieranie danych jest ważne, jak również ich przechowywanie, ponieważ urządzenia powinny umożliwić szybki dostęp do danych na żądanie. **Przetwarzanie danych** jest kluczowe i znacznie bardziej istotne oraz czasochłonne.
- Ponad 40% procent firm na świecie inwestuje w rozwiązania zwiększające  **jakość danych**  w celu uzyskania lepszych wyników analizy. Dane z systemów pomiarowych w zależności od firmy nie są jednorodne, po-

mimo tego że istnieją standardy dotyczące kolekcjonowania danych.

**Wyniki w ET Inspektor są wiarygodne i obiektywne, ponieważ wykorzystywane są pełne informacje online, przez co unikamy stronicznych zbiorów danych.**

Cel użytkowy programu ET INSPEKTOR – PROGNOZA ZUŻYCIA ELEMENTÓW CIŚNIENIOWYCH – został zrealizowany po wybraniu odpowiedniego algorytmu uczenia maszynowego. Wykorzystując uczenie maszynowe nadzorowane, dzięki odpowiedniemu etykietowaniu danych, jesteśmy w stanie zidentyfikować rodzaj uszkodzenia na podstawie zarejestrowanych warunków pracy oraz historii eksploatacji. Dzięki pobieraniu aktualnych danych istnieje możliwość wpłynięcia na aktualne parametry zastosowanego modelu, co umożliwia także zastosowanie uczenia maszynowego online.

\*Główne zadania systemu eksperckiego w aplikacji ET Inspektor

- Klasyfikacja – identyfikacja obiektu na podstawie znanych cech
- Diagnostyka – wykrywanie niewłaściwego działania na podstawie obserwacji
- Monitorowanie – porównywanie danych z czujników w czasie rzeczywistym w celu określenia zachowania
- Planowanie – rozwijanie i modyfikowanie planów diagnostycznych na podstawie wykrytych warunków

Program ET Inspektor wyposażony jest również w dwa systemy: **eksperski** oraz **autonomiczny**.

- **System ekspercki** składa się z dwóch podsystemów – bazy danych znanych informacji (baza wiedzy oparta na doświadczeniu i wiedzy pracowników UDT) oraz silnika wnioskowania.
- **System autonomiczny** – opracowany przez UDT system ma za zadanie automatycznie rozpoznawać i dobrać określoną liczbę scenariuszy oraz skutecznie działać w roli systemu eksperckiego po wczytaniu zupełnie nowych danych.

ET inspektor składa się z dwóch aplikacji ET\_Inspektor.UI oraz ET.Inspektor.Core.

- ET\_Inspektor.UI służy do wizualizacji wyników, dodawania opisów, wypełniania che-

klist dot. uszkodzeń i diagnostyki.

- ET\_Inspektor.UI jest aplikacją kliencką aplikacji ET\_Inspektor.Core, która odpowiada w głównej mierze za pobieranie danych pomiarowych za analizę tychże danych.

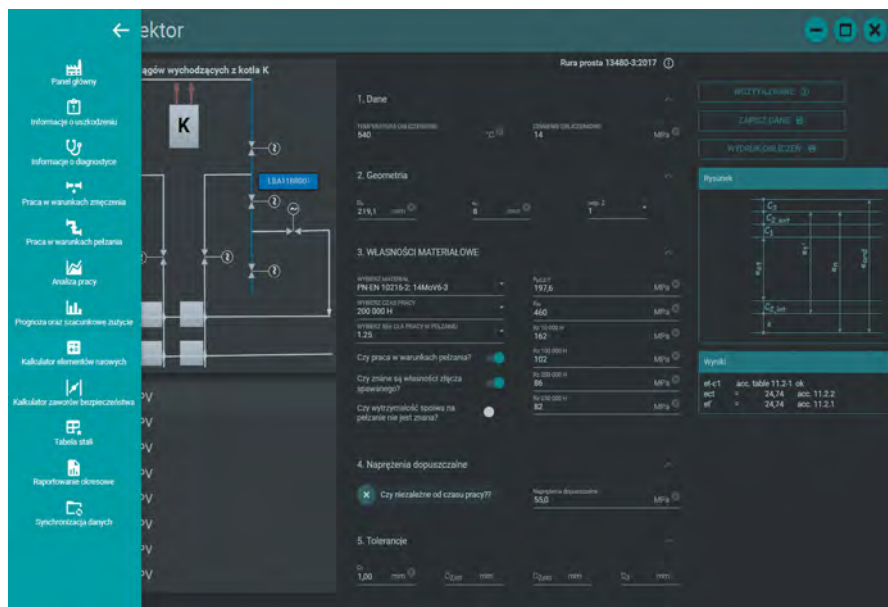
```

D:\UDT\ET_Inspektor\ET_Inspektor.Core
Successful downloaded csv file: /UDTLODZ_2021_08_15.csv
Start preparing data for calculations...
[#####] 100%
The amount of incorrect data: 0
Start fatigue calculation for: /UDTLODZ_2020_11_14.csv
Start creep calculation for: /UDTLODZ_2020_11_14.csv
[#####] 100%
Creep calculation for: /UDTLODZ_2020_11_14.csv added
start-w analysis started
[#####] 100%
Start preparing data for calculations...
[#####] 100%
The amount of incorrect data: 0
Start fatigue calculation for: /UDTLODZ_2020_11_15.csv
Start creep calculation for: /UDTLODZ_2020_11_15.csv
[#####] 100%
Creep calculation for: /UDTLODZ_2020_11_15.csv added
start-w analysis started
[#####] 100%
Start preparing data for calculations...
[#####] 100%
The amount of incorrect data: 0
Start fatigue calculation for: /UDTLODZ_2020_11_16.csv
Start creep calculation for: /UDTLODZ_2020_11_16.csv
[#####] 100%
Creep calculation for: /UDTLODZ_2020_11_16.csv added
start-w analysis started
[#####] 100%
Start preparing data for calculations...
[#####] 100%
  
```

Rysunek 3. ET Inspektor.Core

ET Inspektor podzielony jest na szereg modułów, m.in. takich jak:

- Analiza – pod kątem zmęczenia i pełzania,
- Uszkodzenia – możliwość dodawania zdjęć/plików o uszkodzeniach dla każdego elementu urządzenia/installacji,
- Diagnostyka – możliwość dołączania wyników badań oraz sprawozdań,
- Obliczenia – możliwość wykonywania obliczeń dla elementów urządzenia,
- Tabela stali,
- Historia – możliwość dostępu do danych historycznych każdego elementu.



Rysunek 4. Moduły aplikacji ET Inspektor

**Wdrożenie ET Inspektora w odpowiednich blokach i instalacjach niesie za sobą wiele korzyści, takich jak obiektywne określenie stanu technicznego urządzenia ciśnieniowego. Istotna jest zwłaszcza pomoc w podjęciu decyzji dotyczących modernizacji czy realizacji nowych inwestycji. Opracowane modele matematyczne, oparte na znanych standardach technicznych i wiedzy eksperckiej UDT, umożliwiają z uzyskanych pomiarów online prognozować zużycie elementów instalacji pod kątem mechanizmów degradacji. ET Inspektor jako narzędzie dedykowane wykorzystuje informacje pozwalające na opracowanie analiz i prognoz dotyczących np. terminów badań, napraw czy modernizacji lub wymiany instalacji na nową.**