

## Streszczenie

W prezentowanej pracy podjęto próbę przedstawienia oryginalnego, autorskiego modelu obliczeniowego pomocnego w szacowaniu pozostającego czasu zdatności typowego użytkowanego stalowego zbiornika paliwowego o skorodowanych blachach płaszcza. Poszukiwany czas jest przy tym rozumiany jako wyznaczany przy odpowiednio małym, założonym z góry, prawdopodobieństwie przewyższenia kwantyl losowego czasu przez który, licząc od chwili dokonywania oceny, zbiornik ten będzie w stanie w sposób bezpieczny przenosić przyłożone do niego obciążenia. Rozważania dotyczą sytuacji obliczeniowej, gdy o nośności obiektu decyduje przypadek zbiornika w pełni napełnionego a zniszczenie płaszcza determinowane jest przez osiągnięcie granicznych, obwodowych naprężeń rozciągających. Rozpoznanie tak zdefiniowanego czasu w odniesieniu do zbiorników powszechnie użytkowanych w bazach paliwowych jest, w ocenie autora, pożądane przez personel tych baz, umożliwia bowiem ich racjonalne zarządzanie a w szczególności odpowiednio uzasadnione planowanie ewentualnych robót remontowych i modernizacyjnych.

Zamieszczony w pracy wywód merytoryczny pisany jest z pozycji autora będącego inżynierem praktykiem, który przez wiele lat jako dyrektor techniczny kierował jedną z dużych tego typu baz zlokalizowanych w Polsce południowej. Pozwoliło to na omówienie diskutowanego w niniejszym opracowaniu modelu teoretycznego na szerokim tle różnego rodzaju zagadnień związanych z postępującym w czasie korozyjnym osłabieniem powłoki płaszcza. Taki zakres niniejszej rozprawy oraz sposób uporządkowania zawartych w niej rozdziałów w odczuciu autora wydaje się niezbędny dla pełnego przedstawienia prezentowanych zagadnień.

Rozdział 1 pracy zawiera krótkie wprowadzenie do prezentowanej dalej analizy. Przedstawiono w nim podstawowy cel pracy i sformułowano tezę naukową. W sposób jednoznaczny określono również zakres diskutowanej tematyki.

W rozdziale 2 omówiono specyfikę zjawiska korozji stali konstrukcyjnej odnosząc ją w szczególności do scenariusza związanego z oddziaływaniem na blachy płaszcza zbiornika paliwowego czynników agresywnych, nie tylko tych skojarzonych z długo i krótkoterminowymi zmianami temperatury, wilgotności czy też zanieczyszczenia atmosfery ale przede wszystkim z reagowaniem ze stałą reaktywnych chemicznie paliw ropopochodnych, często o dużym stopniu zasiarczenia. Rozdział 3 mieści w sobie krótki przegląd stosowanych w praktyce sposobów monitorowania postępu korozji obserwowanej na blachach płaszcza zbiornika, inwentaryzacji stanu jej zaawansowania, identyfikacji stref szczególnie zagrożonych oraz weryfikacji czy lokalne osłabienie nie spowodowało przekroczenia wartości dopuszczalnych, ewentualnych perforacji powłoki itp. Przedmiotem obserwacji jest przy tym korozja powierzchniowa, zarówno ta równomierna jak i nierównomierna. Pomija się zatem w takim podejściu potencjalnie możliwe do wystąpienia w stalowej powłoce zbiornika wżery korozyjne, przyjmując że ich ewentualna identyfikacja spowoduje natychmiastową interwencję użytkownika skutkującą ich realnym unieszkodliwieniem.

W kolejnych rozdziałach pracy (rozdziały 4-7) pokazano przykłady zastosowanych przez autora różnego typu prac modernizacyjnych, dzięki którym w sposób znaczący udało się podwyższyć trwałość korozyjną zbiornika paliwowego użytkowanego w praktyce. W szczególności, w rozdziale 4, rozważono możliwości i ograniczenia zastosowania na tym polu różnorodnych jakościowo technik laminacji, nie zawsze skutecznych i wymagających dużej staranności i precyzji nakładania. W rozdziale 5 pokazano jak modernizować skorodowane dno zbiornika, w rozdziale 6 natomiast – jak dostosować typowy naziemny stalowy zbiornik paliwowy z dachem stałym do magazynowania w nim paliwa lotniczego typu JET. Rozdział 7 to szczegółowa prezentacja oryginalnej w swoim zamyśle i zrealizowanej w praktyce awaryjnej wymiany skorodowanej cargi płaszcza zbiornika.

Jakościowo odmienny charakter ma rozdział 8 prezentowanej pracy, w którym omawia się i poddaje krytycznej ocenie wyniki badań doświadczalnych przeprowadzonych przez autora w jego przewodzie doktorskim. Udało się wykazać, że losowy ze swej natury, korozyjny ubytek grubości poszczególnych blach płaszcza nie jest jedynym efektem determinującym poszukiwaną trwałość zbiornika. Duże znaczenie mają bowiem na tym polu także zmiany zachodzące w mikrostrukturze badanego materiału, co na ogół nie jest dostrzegane. Szczególnie istotna wydaje się tu generowana korozją redukcja wytrzymałości stali i wzrost jej kruchości. Wprawdzie, w ocenie autora, do jednoznacznego wnioskowania co do ilościowego znaczenia tego wpływu potrzebne jest znaczące poszerzenie bazy dostępnych do weryfikacji wyników badań doświadczalnych, niemniej jednak samo wskazanie jego charakteru i genezy wydaje się praktycznie ważne i wartościowe poznawczo.

Kolejny rozdział pracy, oznaczony numerem 9, to raport zawierający wyniki inwentaryzacji pomiarów losowej grubości blach wybranych zbiorników paliwowych, zlokalizowanych w bazie zarządzanej przez autora. Pomiary te, dla tych samych zbiorników i tych samych miejsc na tych samych blachach płaszcza zostały przeprowadzone na ogół kilkukrotnie, po różnym czasie ich użytkowania. Z oczywistych względów liczebność dostępnej dla autora statystycznej populacji danych była ograniczona a jej struktura i kompletność - warunkowana przez dotychczasowy sposób zarządzania bazą. Niemniej jednak, na podstawie szczegółowej analizy zgromadzonych wyników, udało się rozpoznać obserwowane dotąd trendy postępu korozyjnego. Były one jakościowo zróżnicowane, identyfikowano je bowiem w sposób zindywidualizowany dla każdego rozważanego punktu pomiarowego. Trendy te w dalszej analizie były ekstrapolowane na czas przyszłego użytkowania badanych zbiorników, pod warunkiem, że nie zmieni się sposób ich wykorzystania i nie będą planowane w tym czasie żadne prace remontowe lub modernizacyjne.

W rozdziale 10 zamieszczono wyniki numerycznej symulacji postępu korozji przeprowadzanej dla zbiorników, dla których wcześniej zidentyfikowano występujący w praktyce trend korozyjny, zróżnicowany lokalnie w każdym punkcie pomiarowym. Na podstawie tej symulacji dokonywano prognozy pozostającego czasu zdatności całej powłoki rozpatrywanego zbiornika, specyfikowanego ze względu na jej osłabienie korozyjne. Pokazano, że oszacowany czas bardzo zależy od sposobu przeprowadzania analizy, w szczególności od tego czy prowadzono obliczenia liniowe czy też materiałowo i geometrycznie nieliniowe. Zamiast modelowania miarodajnego wzorca zastępczej imperfekcji kształtu powłoki wprowadzano przy tym do obliczeń rzeczywistą, nieidealną geometrię zbiornika, zinwentaryzowaną dzięki pomiarom geodezyjnym.

Opracowany przez autora probabilistyczny model oceny trwałości korozyjnej zbiornika zaprezentowano szczegółowo w rozdziałach 11-13 opisywanej pracy. W rozdziale 11 przedstawiono przy tym uogólnioną na przypadek w pełni wypełnionego paliwem zbiornika metodykę oceny stanu technicznego jego osłabionej korozją powłoki, bazującą na w pełni probabilistycznym podejściu obliczeniowym i odniesioną do samej chwili badania. Miarą oceny było wyznaczane dla rozpatrywanej powłoki prawdopodobieństwo zniszczenia, realizowanego wskutek wyczerpania możliwości przenoszenia przez tę powłokę rozciągających naprężeń obwodowych. W rozdziale 12 analiza ta została poszerzona i wzbogacona o uwzględnienie zależności podstawowych parametrów budowanego modelu analitycznego od czasu przyszłego użytkowania zbiornika. Wprowadzono również zmieniające się wraz z tym czasem prognozowane na przyszłość i zróżnicowane lokalnie trendy postępu korozji. Poszukiwaną trwałość interpretuje się jako czas użytkowania, liczony od chwili dokonywania badania, po którym malejąca z czasem losowa nośność badanego płaszcza zbiornika, z określonym prawdopodobieństwem stanie się już zbyt mała aby zapewnić bezpieczne przeniesienie miarodajnego efektu działania odpowiedniej dla tego scenariusza kombinacji obciążeń, również o charakterze losowym. Dla większej przejrzystości wyводу

zaproponowany algorytm postępowania został zilustrowany przykładem obliczeniowym, szczegółowo dyskutowanym w rozdziale 13.

Kolejny rozdział pracy, oznaczony numerem 14, zawiera podsumowanie prezentowanych w niej wyników badań. Na tej podstawie formułowane są wnioski końcowe. Uznaje się, że postawiona na początku rozważań teza naukowa, mówiąca o przydatności zaproponowanego w pracy oryginalnego podejścia obliczeniowego do wiarygodnego szacowania pozostającego czasu zdatności osłabionej korozją powłoki użytkowanego zbiornika stalowego, w świetle zaprezentowanych analiz i ich rezultatów, zyskała wystarczające i odpowiednio uzasadnione potwierdzenie. Oczywiście, pod warunkiem odpowiedniej kalibracji parametrów skojarzonego z tą analizą modelu teoretycznego, opartej na dostatecznie dobrze zweryfikowanych danych pomiarowych. W uzupełnieniu tak sformułowanej konstatacji zestawiono w tym miejscu te wyniki przeprowadzonych w pracy analiz i badań, które autor uznaje za oryginalne. Wskazano również na zagadnienia pozostawione przez autora do dalszych dociekań.

Pracę zamykają: spis wykorzystanej w rozważaniach profesjonalnej literatury naukowej oraz zestaw norm i rozporządzeń cytowanych w tekście.