



Prof. dr inż. Jerzy ZIÓŁKO, jziolko@pg.gda.pl
Mgr inż. Ewa SUPERNAK, esuper@pg.gda.pl
Mgr inż. Tomasz HEIZIG, heizig@pg.gda.pl
Politechnika Gdańska

PRZEDAWARYJNE REMONTY PODCZAS EKSPLOATACJI ZBIORNIKÓW STALOWYCH NA ROPEŃ NAFTOWĄ

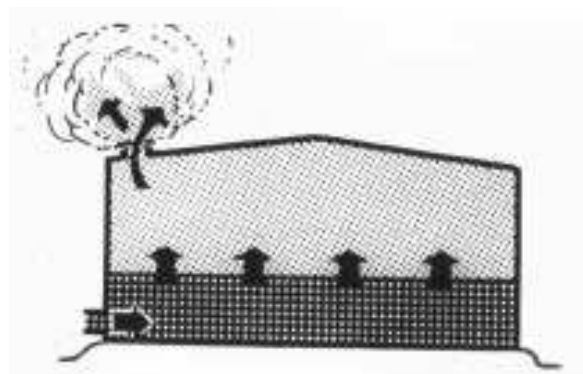
EMERGENCY REPAIRS DURING OPERATION OF CRUDE OIL STEEL TANKS

Streszczenie: Remonty zbiorników na paliwa płynne z reguły wykonuje się po wyłączeniu ich z eksploatacji, jednakże przy zastosowaniu odpowiednich zabezpieczeń remonty takie, nawet realizowane przy zastosowaniu spawania, mogą być przeprowadzone także na zbiornikach wypełnionych paliwami płynnymi. Dwa przykłady takich remontów omówiono w referacie.

Abstract: Repairs of liquid fuel tanks are generally carried out after the tanks have been put out of operation. Still, when applying suitable protections such repairs, even performed with use of welding, can be carried out also on tanks filled with liquid fuels. Two examples of such repairs have been described in a report.

1. Wstęp

Remonty zbiorników, w których były magazynowane paliwa płynne muszą odbywać się przy bezwzględny zachowaniu zasad bezpieczeństwa wykluczających możliwość powstania pożaru czy wybuchu. Z reguły remonty wykonuje się więc po wyłączeniu zbiornika z eksploatacji, wymaga to jednak dokładnego wyczyszczenia wnętrza zbiornika, zwłaszcza całkowitego usunięcia z dna osadów, z których mogą długotrwale wydzielać się pary węglowodorów. Wybuchowość mieszanki powietrza i par węglowodorów występuje wprawdzie w wąskim przedziale stężenia par (od około 1% do około 6%), ale dlatego właśnie jest niebezpieczna, ponieważ mała zawartość par stwarza zagrożenie wybuchem w pomieszczeniu zamkniętym, takim jak zbiornik z dachem stałym (rys. 1) lub przestrzeń pod dachem pływającym osadzonym na podpierakach na dnie remontowanego zbiornika.



Rys. 1. Zagrożenie wybuchem w przestrzeni parowo – powietrznej zbiornika z dachem stałym

Czyszczenie zbiornika przed remontem jest drogie a ponadto wymaga wyłączenia go z eksploatacji na dłuższy okres a to stwarza użytkownikowi zbiornika dodatkowe kłopoty z tytułu czasowej utraty pojemności magazynowej. Niektóre prace remontowe, zwłaszcza, płaszcz zbiornika, w tym wymagające stosowania spawania, można jednak bezpiecznie prowadzić bez wyłączania zbiornika z eksploatacji. Warunkiem podstawowym jest w tym przypadku, aby prace spawalnicze na zewnętrznej stronie płaszczu wykonywać poniżej poziomu, do którego zbiornik wypełniony jest paliwem płynnym, czyli aby ciepło nieodłącznie związane ze spawaniem nie promieniowało do strefy parowo powietrznej we wnętrzu zbiornika.

W referacie omówione są dwa przykłady napraw wykonanych przy całkowitym wypełnieniu zbiornika ropą naftową.

2. Przykład 1

Zbiornik o pojemności $32\,000\text{ m}^3$ (średnica płaszczu 52,20 m, wysokość 16,43 m) wykonany został z ponad normatywnymi nieprawidłowościami kształtu. Płaszcz zbiornika składał się z jedenastu pierścieni blach, a największe deformacje występowały na ósmym i dziewiątym pierścieniu (rys. 2), nieco mniejsze na dziesiątym i jedenastym pierścieniu (rys. 3).

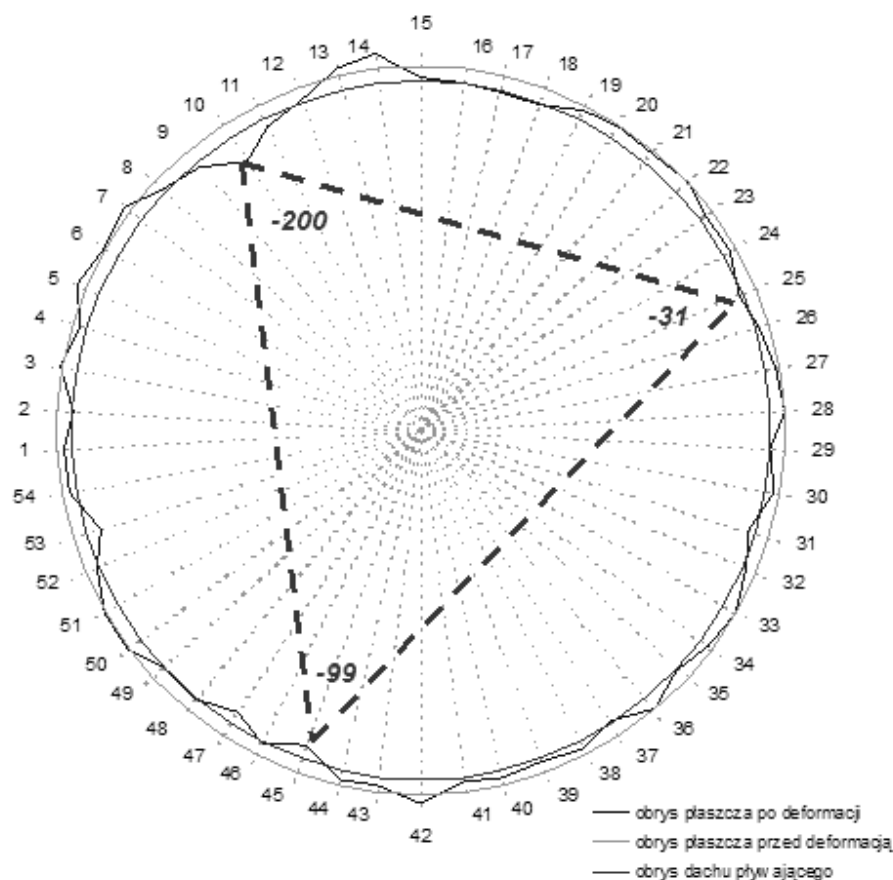


Rys. 2. Deformacje płaszczu zbiornika na ósmym i dziewiątym jego pierścieniu



Rys. 3. Deformacje płaszczu zbiornika na dziesiątym i jedenastym jego pierścieniu

Deformacje te były wyjątkowo niefortunnie zlokalizowane na obwodzie płaszczu, znajdowały się bowiem na wierzchołkach prawie równobocznego trójkąta wpisanego w kołisty przekrój płaszczu i były skierowane do wnętrza zbiornika (rys. 4), mogły więc utrudniać pionowe przemieszczanie się dachu pływającego podczas eksploatacji zbiornika.

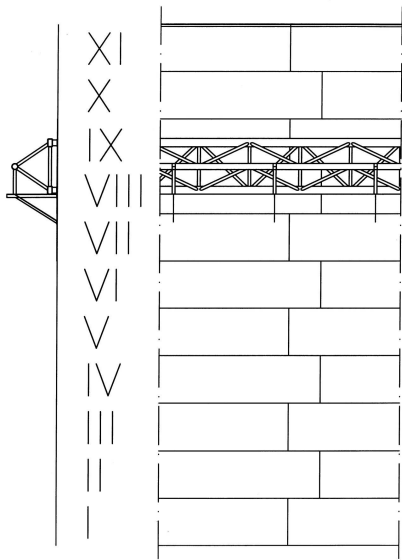


Rys. 4. Deformacje zbiornika w rejonie górnej krawędzi ósmego pierścienia przy zbiorniku napelnionym do poziomu + 9,429 m

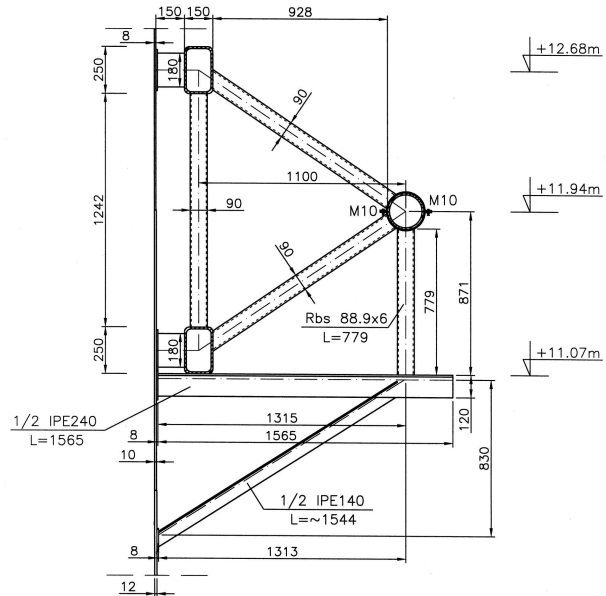
Użytkownik zbiornika stwierdził, że gdy dach pływający przemieszcza się w obrębie ósmego pierścienia płaszczu słyszalne są huki, mogły one być spowodowane tarcie zderzaków pontonu dachu pływającego o deformacje płaszczu albo gwałtownym przechodzeniem blach płaszczu z wklęsnięć w wypukłości. Pomiary geodezyjne kształtu płaszczu wykazały, że wartość największych deformacji ulega istotnemu zmniejszeniu, gdy zbiornik jest maksymalnie wypełniony ropą naftową - występujące wówczas największe parcie hydrostatyczne wypychało wklęsnięcia płaszczu. Spostrzeżenie to stanowiło punkt wyjściowy przyjętej technologii remontu zbiornika. Odstąpiono od koncepcji wycinania zdeformowanych blach płaszczu i zastępowania ich nowymi, gdyż naprawy takie są bardzo trudne i nie zawsze dają dobry rezultat. Przyjęto następujący sposób naprawy opracowany przez pracowników Katedry Konstrukcji Metalowych Politechniki Gdańskiej przy współdziałaniu mgr inż. Artura Bereszczyńskiego z PERNu Płock:

- a) zbiornik wypełniono ropą naftową do maksymalnego poziomu. Spowodowało to zmniejszenie wklęsnięć w najbardziej zdeformowanych pierścieniach płaszczu,
- b) przy stanie jak w punkcie a) opasano płaszcz z zewnątrz na poziomie ósmego i dziewiątego pasa blach pierścieniem kratowym o przekroju trójkątnym. Pierścień połączono przewiązkami z płaszczem zbiornika utralając w ten sposób kształt

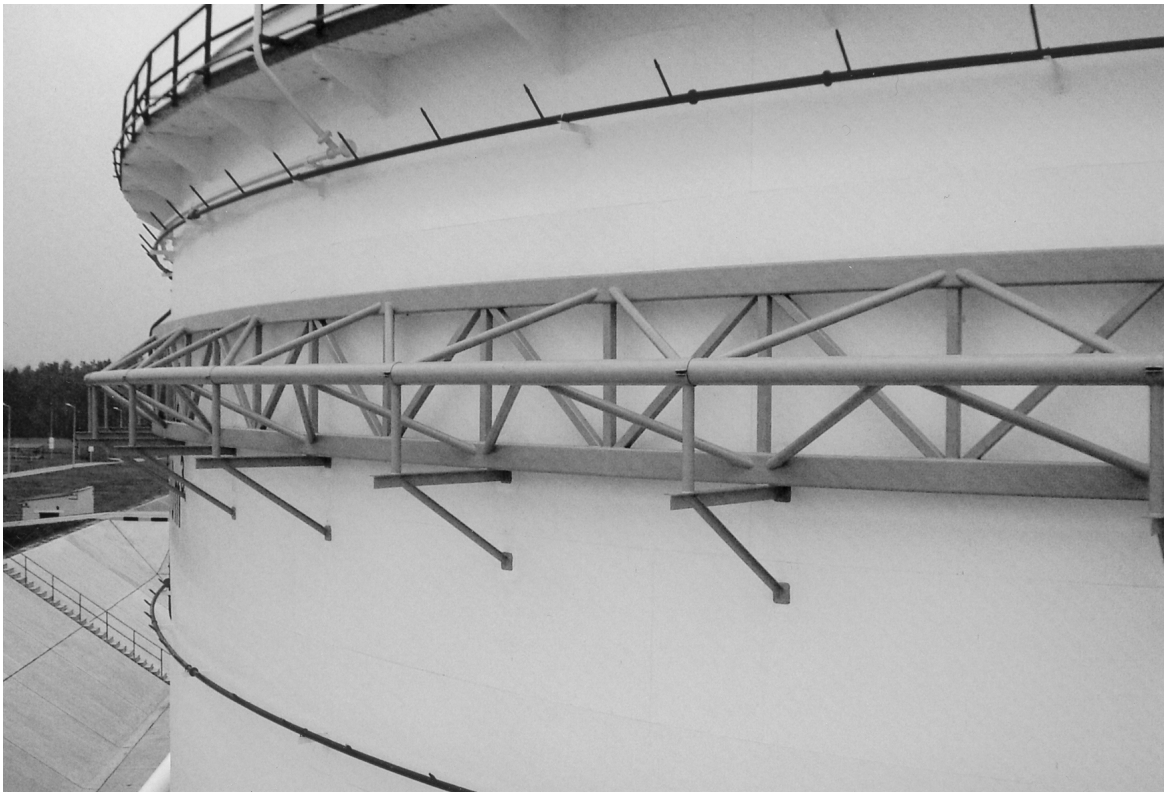
płaszcz wytworzony przez maksymalne ciśnienie hydrostatyczne panujące w zbiorniku (rys. 5, 6 i 7),



Rys. 5. Schematyczny rysunek pierścienia i jego lokalizacja na płaszczu zbiornika



Rys. 6. Przekrój poprzeczny pierścienia kratowego



Rys. 7. Widok przyspawanego pierścienia kratowego do płaszczu zbiornika

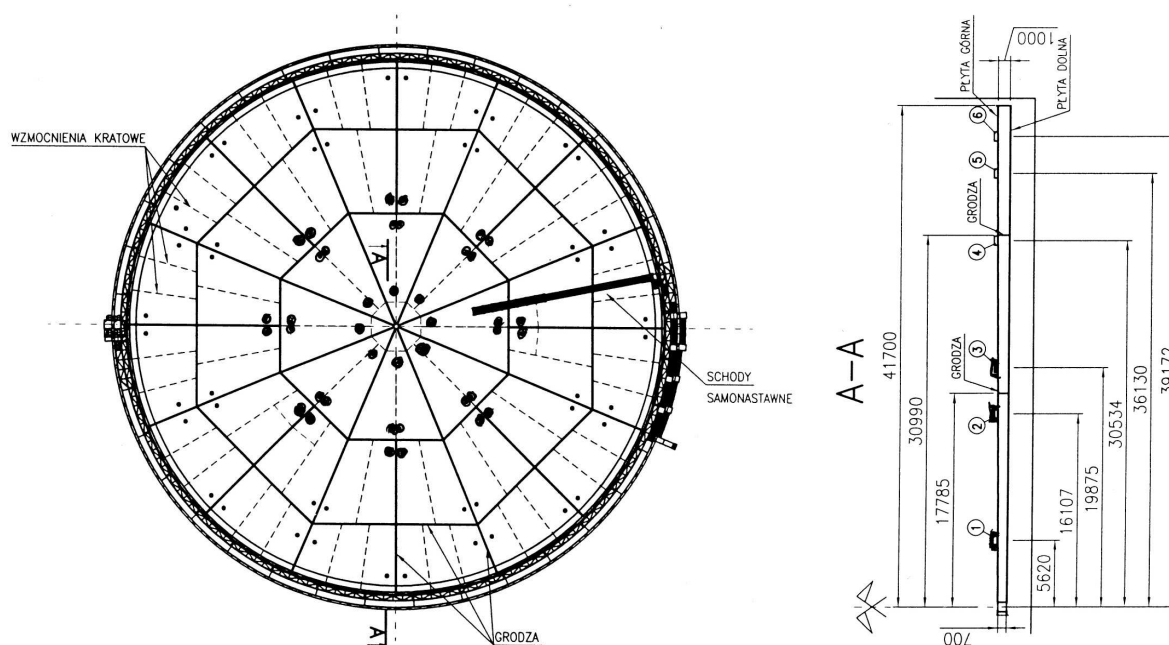
c) obniżono poziom ropy naftowej w zbiorniku i wykonano pomiary geodezyjne kształtu płaszczu w celu stwierdzenia skuteczności przeprowadzonej naprawy. Wynik był dobry.

Omówioną technologię naprawy zrealizowano późną jesienią, gdy temperatura powietrza była niska, a więc mało intensywne było parowanie ropy naftowej przez uszczelnienie dachu pływającego nie przylegające lokalnie do zdeformowanego płaszcza.

3. Przykład 2

Nieprawidłowości w odwodnieniu dachów pływających stwierdzono w dwóch nowo wybudowanych zbiornikach na ropę naftową. Każdy ze zbiorników ma pojemność 100 000 m³ i dach pływający typu dwupłytkowego. Górna płyta dachu ma spadek w kierunku osi zbiornika, aby zapewnić spływ wody z opadów atmosferycznych do studzienki zbiorczej znajdującej się środkiem dachu. Zbiorniki mają identyczną konstrukcję, identyczne były również kłopoty związane z odwodnieniem dachów i w ten sam sposób je usunięto, dlatego w dalszej części referatu, dla uproszczenia omawiany będzie jeden zbiornik.

Konstrukcja dachu pływającego pokazana jest na rys. 8, składa się on z ośmiu identycznych sekcji, z których każda podzielona jest na pięć hermetycznych komór.



Rys. 8. Rzut i przekrój dachu zbiornika V = 100000 m³

Do czterech z tych komór zaprojektowano po dwa włazy z górnej płyty dachu, natomiast do komór najbliższych osi zbiornika należało wykonać po trzy włazy ze względu na odmienny układ wewnętrznych usztywnień. Łącznie na dachu jest 88 włazów. Króćce tych włazów miały jednakową wysokość 200 mm ponad górną powierzchnię dachu. Włazy zamknięte są od góry pokrywkami luźno spoczywającymi (bez uszczelki) na górnej krawędzi króćca. Wysokości króćców zostały przyjęte zgodnie z polską normą i są o 20 % większe niż wymagana wysokość do zatrzymania wody deszczowej z opadów z okresu jednego miesiąca, ale nie więcej niż 200 mm w najniższym punkcie dachu (w tym przypadku w osi dachu).

W końcu marca 2005 roku wystąpiły wyjątkowo duże opady śniegu. Woda z topniejącego śniegu przedostała się pod pokrywkami włazów do komór dachu pływającego w środkowej jego części. Wyporność dachu jest tak duża, że obciążenie wodą niektórych jego komór nie zagrażało jego bezpiecznej eksploatacji, tym nie mniej należało podjąć działania, aby podobna sytuacja nie powtórzyła się w przyszłości. Postanowiono podwyższyć 40 króćców

włazów do komór w środkowej części dachu (to jest na trzech okręgach włazów - rys. 8). Użytkownik nie dysponował wolną pojemnością magazynową, do której mógłby przepompować ropę naftową z remontowanego zbiornika, postanowiono zatem przedłużyć króćce włazów w stanie całkowitego wypełnienia zbiornika. Gdy dach pływający znajduje się w położeniu bliskim górnej krawędzi płaszcza wówczas ssanie wiatru usuwa z powierzchni dachu wszelkie opary węglowodorów przedostające się np. przez uszczelnienie dachu lokalnie nie przylegające do płaszcza lub przez perforacje w rurze pomiarowej. Istniało także niebezpieczeństwo przedostania się oparów naftowych do wnętrza komór dachu pływającego, dlatego wstępnie przewidziano zalanie wodą komory, która będzie miała przedłużane króćce włazów. Objętość komory wynosiła ponad 150 m³, wypełnienie jej wodą powodowało pewne przechylenie dachu pływającego, ale było ono absolutnie niegroźne dla pływalności dachu. Natomiast przepompowywanie wody z komory do komory przedłużało remont. Koncepcję zabezpieczenia prac spawalniczych upraszczano, więc trzykrotnie, pozostawiając jednak podstawowe jej założenie - stworzenie zamknięcia wodnego pomiędzy miejscem spawania a wnętrzem komory dachowej. Trzecia wersja zabezpieczenia przed wybuchem, zaproponowana przez PERN „Przyjaźń” i Mostostal Płock sprowadzona została do wykonania stalowej zaślepki - denka, które na obwodzie miało gumową dętkę wypełnianą powietrzem (rys. 9). Dętka po napompowaniu tak silnie rozpieierała w króćcu zaślepkę, że mógł stanąć na niej człowiek (rys. 10).



Rys. 9. Konstrukcja stalowej zaślepki włazu do komory



Rys. 10. Sprawdzenie wytrzymałości zamknięcia zaślepką

Na zaślepkę umieszczoną u dołu króćca nalewano wodę w takiej objętości, aby wysokość zamknięcia wodnego wynosiła co najmniej 200 mm, a lustro wody znajdowało się 20 mm poniżej miejsca spawania - była to objętość około 40 litrów.

Wysokość podwyższenia króćców włazów była zróżnicowana w zależności od ich usytuowania względem najniższego punktu dachu (rys. 11), króćce najbliższe osi dachu

podwyższono o 220 mm, natomiast te, które usytuowane są na okręgu o promieniu 19875 mm od osi dachu - tylko o 120 mm.



Rys. 11. Podwyższone króćce włazów do komór dachu pływającego

Przed przystąpieniem do spawania pierścienia blachy przedłużającej króciec włazu każdorazowo sprawdzano eksplozometrem stężenie par węglowodorów w powietrzu w sąsiedztwie miejsca, w którym miało rozpocząć się spawanie.

Na obu remontowanych zbiornikach przedłużono łącznie 80 króćców włazów do komór dachu pływającego, użyto do tego tylko jednej zaślepki króćca.

Oba omówione remonty były przeprowadzone sprawnie przy stałym zabezpieczeniu prowadzonym przez straż pożarną.

4. Podsumowanie

Po zapoznaniu się z niniejszym referatem mogłoby zrodzić się pytanie czy omówione remonty były w pełni bezpieczne. Odpowiadając na to pytanie należy stwierdzić, że każde nietypowe działanie inżynierskie związane jest z ryzykiem, ważne jednak aby było to ryzyko kontrolowane. Bez kontrolowanego ryzyka nie byłoby przecież postępu, w tym także postępu techniki.

W przypadku pierwszego z omówionych remontów było jasne, że w strefie spawania nie ma warunków do wytworzenia się mieszanki wybuchowej par węglowodorów i powietrza:

- po stronie zewnętrznej płaszcza nawet gdyby wystąpił przeciek ropy naftowej to kontakt jej z powietrzem w otwartej przestrzeni nie był groźny,
- po stronie wewnętrznej płaszcza występowało chłodzące działanie dużej objętości ropy naftowej. Spawanie natomiast prowadzono po stronie zewnętrznej płaszcza poniżej zwierciadła ropy naftowej magazynowanej w zbiorniku. Kratowy trójpasowy pierścień korygujący kształt płaszcza był do niego łączony za pośrednictwem pionowych przewiązek z blachy grubości 10 mm rozmieszczonych na obwodzie zbiornika w rozstawie około 1500 mm. Przewiązki miały wysokość 180 mm i były spawane do płaszcza spoinami pachwinowymi grubości 4 mm, wykonywanymi najmniej energochłonną techniką spawania

tj. spawaniem w osłonie gazu obojętnego. Pas dolny pierścienia korygującego kształt płaszczu znajdował się 3,80 m poniżej lustra ropy naftowej przy maksymalnym napełnieniu zbiornika, w tej strefie naprężenia w płaszczu wywołane parciem hydrostatycznym wynosiły około 150 MPa czyli były znacznie mniejsze niż wytrzymałość obliczeniowa stali St3S wynosząca 215 MPa. Jeszcze mniejsze wyężenie materiału płaszczu zbiornika występowało w strefie spawania przewiązek łączących pas górny pierścienia korygującego – tam naprężenia wynosiły około 64 MPa. Nie było więc zagrożenia ani pożarem i wybuchem ani obawy przekroczenia wytrzymałości płaszczu.

W drugim z opisanych remontów zastosowano środki bezpieczeństwa, które są obszernie omówione w tekście referatu. Warto tylko podkreślić, że zasadnicza koncepcja zabezpieczenia strefy spawania przed ewentualnymi parami węglowodorów wydostającymi się z komór dachu pływającego została niezmienną przy kolejnych modyfikacjach technologii remontu, dążono w nich wyłącznie do zmniejszenia objętości wody niezbędnej do wykonania zamknięcia wodnego.

W przemyśle naftowym wręcz niemożliwe jest wykluczenie spawania na wypełnionych ropą naftową zbiornikach i rurociągach. Praktyka pokazała, że działania takie są bezpieczne jeżeli są starannie przygotowane z wykluczeniem elementów mogących stwarzać zagrożenie, a co najważniejsze spawanie odbywa się poza strefą w której z drugiej strony płaszczu zbiornika lub rurociągu znajduje się mieszanka par węglowodorów i powietrza.

Pracownicy Politechniki Gdańskiej w poprzednich latach opracowali kilka technologii napraw zbiorników, z których po awarii nie było możliwości wyprowadzenia całej objętości znajdującej się w nich ropy naftowej. W dwóch przypadkach spawanie pękniętej spoiny pionowej płaszczu odbywało się około 60 cm ponad zwierciadłem ropy naftowej. Zastosowano wówczas dwa niezależne od siebie sposoby zabezpieczenia przed pożarem. Są one omówione w [1][2][3].

Literatura

1. Ziółko J.: Naprawa uszkodzonego płaszczu zbiornika częściowo wypełnionego ropą naftową. Inżynieria i Budownictwo nr 12/1986.
2. Ziółko J.: Naprawa z zastosowania spawania podczas eksploatacji stalowych zbiorników z pływającymi dachami. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Konstrukcje Metalowe”, Gdańsk 1989 (tom 5).
3. Ziółko J.: Reparatur von Schweissnähten während des Betriebs eines Tank mit Schwimmdach. Stahlbau 6/1990.