

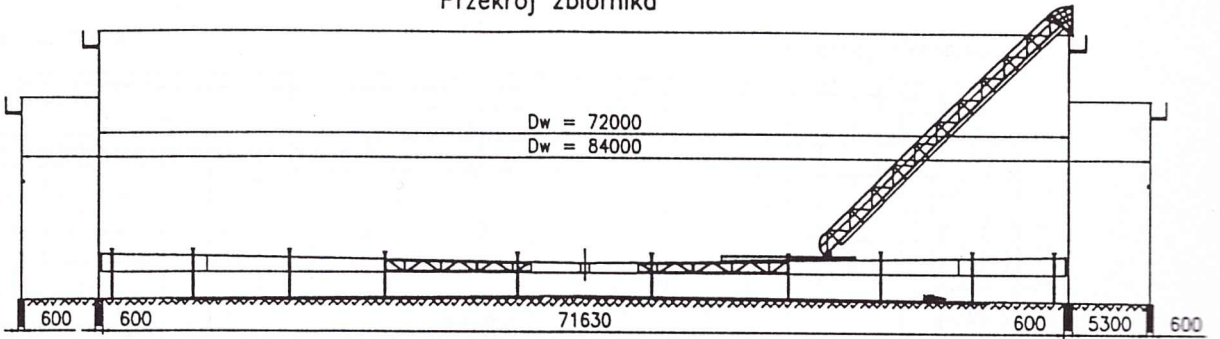
Prof. dr hab. inż. Jerzy Ziółko
Mgr inż. Ewa Supernak
Mgr inż. Przemysław Borek
Mgr inż. Marek T. Jędrzejewski
Mgr inż. Dariusz Kowalski
Politechnika Gdańska

KONSTRUKCJA ZBIORNIKA O POJEMNOŚCI $V = 75\,000\text{ m}^3$ DWUPŁASZCZOWEGO I Z PODWÓJNYM DNEM

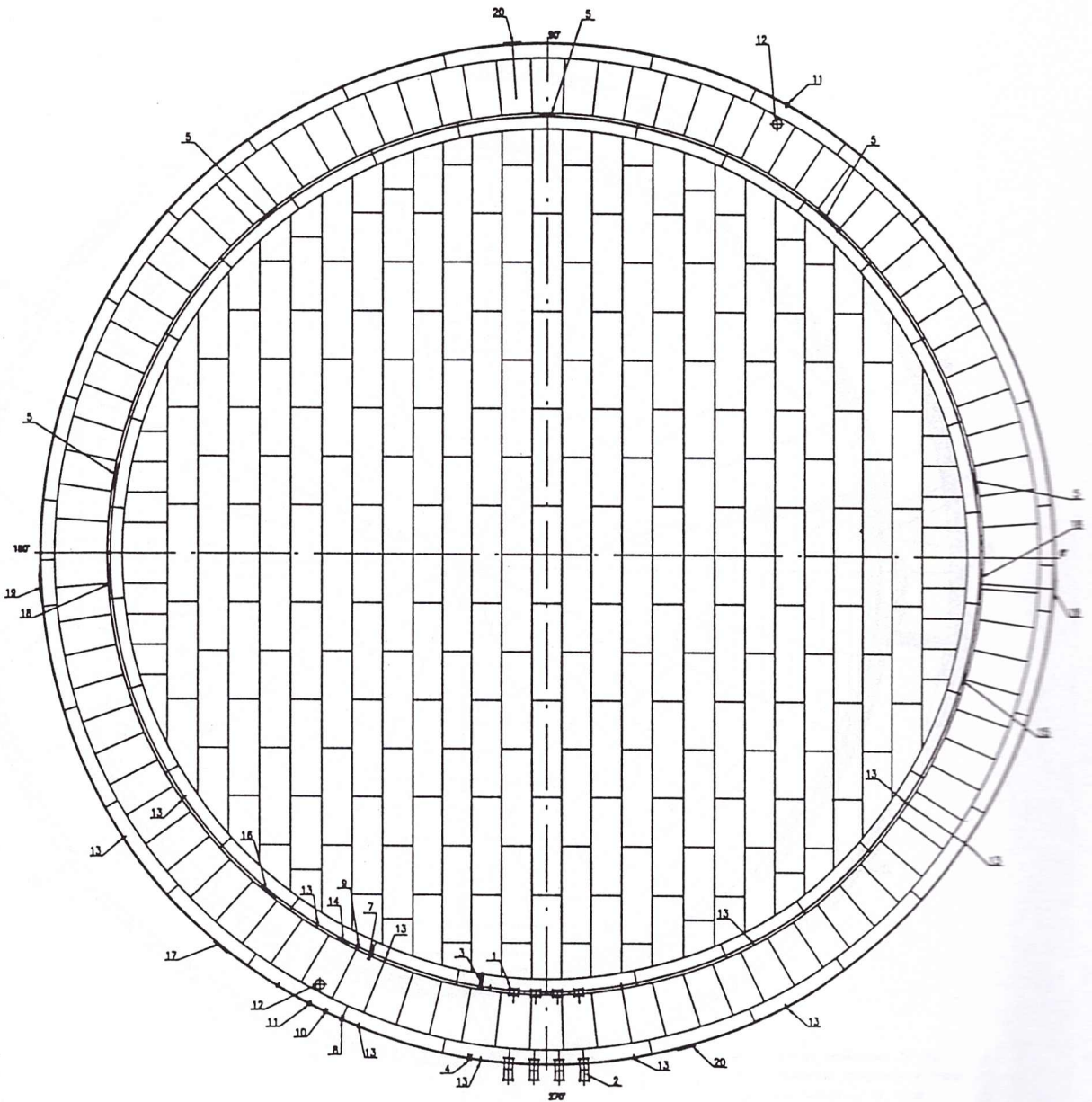
W 1999 roku autorzy artykułu zaprojektowali dla Instytutu Transportu Nafty w Kijowie zbiornik o pojemności $75\,000\text{ m}^3$ na surową ropę naftową. Jest to obiekt inżynierski, ekologicznie bezpieczny, dzięki zastosowaniu podwójnego płaszcza i podwójnego dna. Przekrój pionowy omawianego zbiornika oraz widok dna pokazano na rys. 1, a na rys. 2 – konstrukcje płaszcza oraz podział dachu pływającego na hermetyczne sekcje.

Odległość pomiędzy płaszczem zewnętrznym i wewnętrznym wynoszącą 6,0 m przyjęto na zdecydowane życzenie zamawiającego. Tak duża odległość nie jest wymagana w polskich przepisach. Również na życzenie zamawiającego zaprojektowano dach dwupłytowy, jako że jest on sztywniejszy od dachu pontonowo – membranowego. Jednakże konsekwencją zwiększonej sztywności dachu jest większy jego ciężar. Dach dwupłytowy waży około 474 000 kg, a alternatywnie zaprojektowany dach pontonowo – membranowy tylko około 255 000 kg. Płaszcze zbiornika oparto na dwóch niezależnych pierścieniowych fundamentach żelbetowych; ze względu na dużą odległość pomiędzy płaszczami nieopłacalne było wykonanie wspólnego fundamentu, zwłaszcza że taki fundament podczas eksploatacji zbiornika mógłby osiadać nierównomiernie. Każdy z pierścieniowych fundamentów ma szerokość 60 cm i posadowiony jest na głębokości 1,4 m. Wewnątrz pierścieniowych fundamentów pod środkową częścią dna wykonana będzie podsypka piaskowa zagęszczona poprzez wibrowanie do stopnia identycznego jaki wymagany jest dla podłoża nawierzchni drogowych. Dwa stalowe dna rozdzielone są plecioną siatką stalową o grubości 5mm, wymiary oczek siatki wynoszą 25 x 25mm. W przestrzeni pomiędzy oczkami będzie wytworzone podciśnienie, którego stała wartość będzie wskazywała na szczelność obu den. W celu ułatwienia lokalizacji ewentualnych przecieków dna podzielono na 7 sekcji, z których każda ma niezależną kontrolę szczelności. Autorzy projektu zdają sobie sprawę, że podciśnieniowa kontrola szczelności dna wywołuje różne zastrzeżenia, jednakże jest to metoda od lat stosowana na Zachodzie i jak dotychczas nie napotkaliśmy w literaturze opisu innej metody zweryfikowanej przez wieloletnią eksploatację. Wewnętrzna część obu den zaprojektowana jest z blach o grubości 8 mm z założeniem ochrony antykorozyjnej od strony fundamentu piaskowego

Przekrój zbiornika



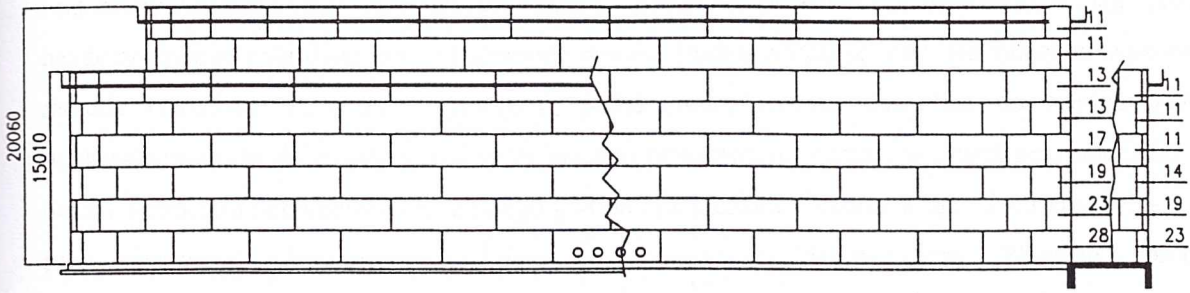
Rozmieszczenie wyposażenia technicznego w pierwszym pierścieniu płaszcza zbiornika



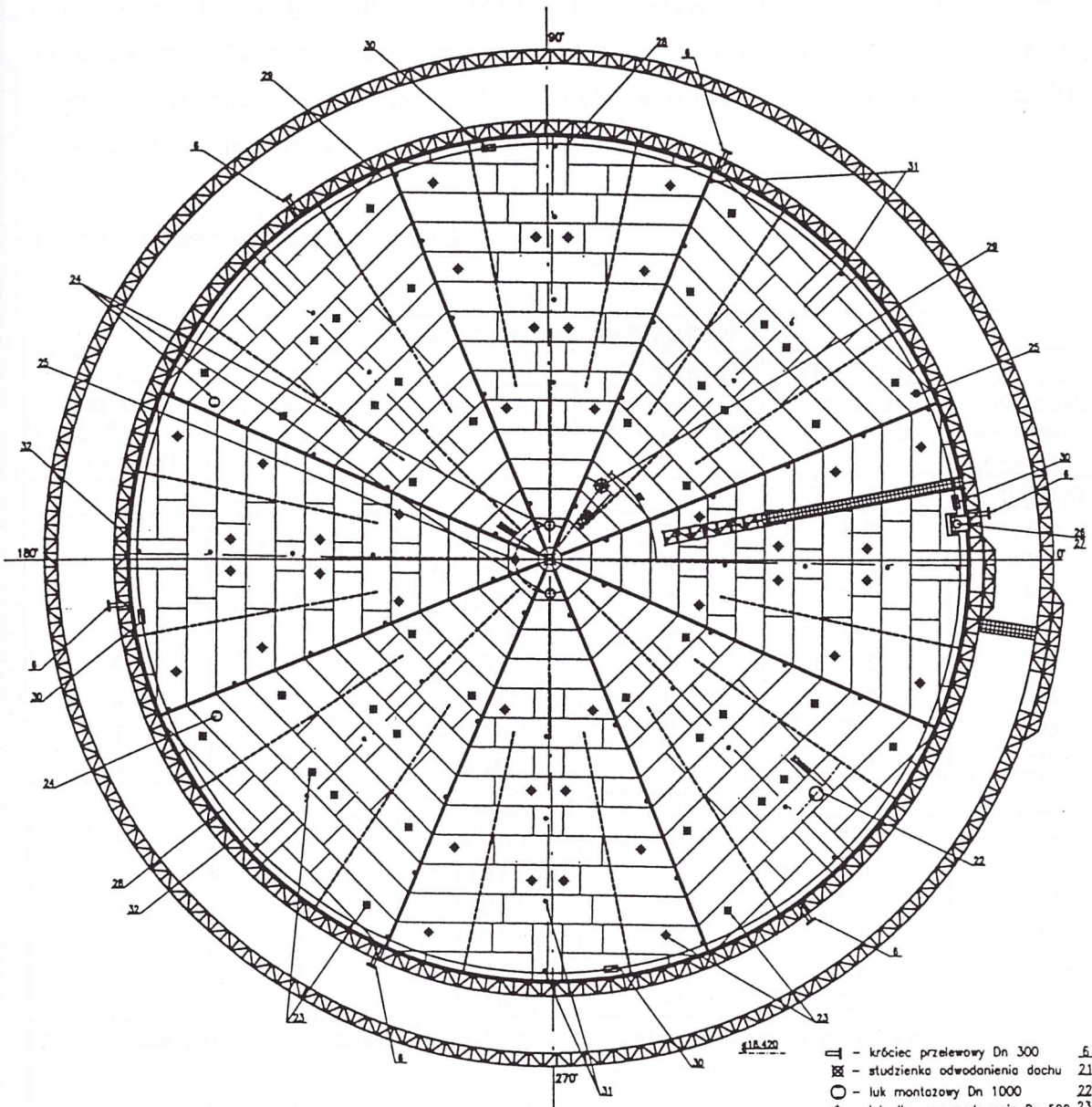
Rys. 1. Przekrój zbiornika i konstrukcja dna

Widok zbiornika

Przekrój zbiornika



Rozmieszczenie wyposażenia technicznego górnej krawędzi płaszcza zbiornika oraz na dachu pływającym



- - króciec przelewowy Dn 300 21
- ⊠ - studzienka odwodnienia dachu 21
- - luk montażowy Dn 1000 22
- ◆ - luk dla oprzyrządowania Dn 500 23
- - właz wentylacyjny Dn 500 24
- ◆ - króciec pomiarowy Dn 150 25
- - zawór napowietrzający Dn 800 29
- - drabinka burty pianej 30
- - podpieraki dachu pływającego 31

Rys. 2. Konstrukcja płaszcza zbiornika i podział dachu pływającego na hermetyczne sekcje

i od strony wnętrza zbiornika. Ponieważ każda z 7 sekcji den powinna być wykonana w ciągu jednego bezdeszczowego dnia dlatego aby usprawnić montaż środkowej części obu den zalecono wykonać je metodą rulonową. Powyższe wymaganie podyktowane zostało dążeniem do niedopuszczenia w okresie montażu do zawilgocenia sprzyjającego powstawaniu korozji w przestrzeni pomiędzy obu dnami. Pierścienie obwodowe dna dolnego pod obu płaszczami wykonane są z blach grubych - 22mm pod płaszczem wewnętrznym i 21mm pod płaszczem zewnętrznym. Płaszcz zbiornika zaprojektowano z blach o wymiarach o wysokości 2500 mm i długości około 8000mm w celu zmniejszenia objętości robót spawalniczych. Długości blach płaszcza zewnętrznego i wewnętrznego została tak dobrana, aby spoiny pionowe leżały w tych samych przekrojach poprzecznych – jest to istotne ze względu na rozmieszczenie osprzętu np. rurociągów, które nie mogą być wspawane w miejscach spoin. Płaszcz zbiornika zaprojektowano z czterech gatunków stali (tablica 1), dążąc poprzez zmniejszenie grubości blach zarówno do obniżenia ciężaru płaszcza jak i do zmniejszenia objętości robót spawalniczych.

Tablica 1. Konstrukcja płaszczy zbiornika

PŁASZCZ WEWNĘTRZNY					
Numer pierścienia (cargi) licząc od dołu płaszcza	Grubość blach	CHARAKTERYSTYKA STALI			
		Gatunek	Odmiana plastyczności *)	Granica plastyczności	Normowa wytrzymałość obliczeniowa
	mm			R _e (MPa)	f _d (MPa)
1	28	18G2AV	R	430	360
2	23	15G2ANNb	R	380	315
3	19	15G2ANNb	R	380	315
4	17	18G2A	D	345	295
5	13	18G2A	D	355	305
6	13	St3W	C	235	215
7	11	St3W	C	235	215
8	11	St3W	C	235	215
PŁASZCZ ZEWNĘTRZNY					
1	23	18G2AV	R	430	360
2	19	15G2ANNb	R	380	315
3	14	18G2A	D	355	305
4	11	18G2A	D	355	305
5	11	St3W	C	235	215
6	11	St3W	C	235	215
*) Próba udarności stali dla poszczególnych odmian plastyczności wykonywana jest w następujących temperaturach:					
	C	0°C			
	D	- 20°C			
	R	- 40°C			

Przyszły użytkownik zbiornika zażyczył sobie aby rurociągi produktowe o średnicy 700mm wspawane były w płaszcz na takiej wysokości aby oś rurociągu znajdowała się 600 mm ponad dnem. Spowodowało to komplikację w wykonaniu typowego wzmocnienia płaszcz przez naspawanie kołnierzy, zastosowano więc w miejscach rurociągów blachy płaszcz o dużo większej grubości - 60 mm, podczas gdy na pozostałej części obwodu dolny pierścień płaszcz wewnętrzny ma grubość 28mm, a płaszcz zewnętrzny 23mm. Oba płaszcze zwieńczone zostały pierścieniami wiatrowym usytuowanymi na wysokości 1,134 m poniżej górnej krawędzi płaszcz. Konstrukcją nośną pierścieni wiatrowych są koliste belki kratowa o szerokości 1200 mm. Pasy tych kratownic wykonano z połówek dwuteownika szerokostopowego HEB 160 a krzyżulce i słupki z teowników 80 x 80 x 9mm. Pierścienie wiatrowe pokryte są ocynkowanymi kratkami podestowymi typu „Mostostal”. W projekcie omawianego zbiornika odstąpiono od tradycyjnego rozwiązania – pierścienia wiatrowego wykonanego w postaci poziomej blachownicy, pierścień tak nie był nigdy idealnie płaski, w związku z tym woda deszczowa zalegała w lokalnych wklęsłościach chodnika przy jego styku z płaszczem, powodując korozję płaszcz ponad chodnikiem. Należy także odnotować inną zmianę w konstrukcji pierścienia wiatrowego w stosunku do rozwiązań tradycyjnych. Zmiana ta spowodowana została różnicą występującą w polskich i ukraińskich przepisach przeciwpożarowych. Zraszanie zbiornika, według wymagań ukraińskich, konieczne jest od górnej krawędzi płaszcz a nie, jak w przepisach polskich, wyłącznie poniżej pierścienia wiatrowego. Aby sprostać wymaganiom ukraińskim pas kratowego pierścienia wiatrowego nie mógł być bezpośrednio przyspawany do płaszcz lecz musiał być oddalony od niego o 80mm. Uzyskano to stosując podkładki dystansowe wykonane z teowników, były one rozmieszczone na obwodzie płaszcz co 1145mm. Stateczność płaszcz zewnętrznego wymagała zastosowania pośredniego pierścienia wiatrowego – zaprojektowano go na trzecim od góry pierścieniu blach, który ma grubość 11mm. Pośredni pierścień wiatrowy będzie wykonany z blach zespawanych w przekrój kątowy 200 x 200 x 15mm, będzie on umieszczony po wewnętrznej stronie płaszcz, aby nie zakłócał spływu wody zraszającej płaszcz w wypadku pożaru.

Jednym z elementów układu komunikacyjnego na zbiorniku, zapewniającym dostęp z poziomego terenu do dachu pływającego jest chodnik łączący oba płaszcze. Został on zaprojektowany w taki sposób, aby nie stanowił sztywnego połączenia obu płaszczy a więc jest zamocowany do płaszcz wewnętrzny i przesuwnie oparty na płaszcz zewnętrznym. W ten sposób zostało zapewnione niezależne odkształcanie się obu płaszczy przy różnym nagraniu ich przez słońce, a także nie przekazywanie obciążeń w wypadku awaryjnego uszkodzenia jednego z płaszczy.

Niezależna praca obu płaszczy musi być zapewniona także w miejscu przejścia przez nie rurociągów produktowych. Aby spełnić ten warunek w przestrzeni międzypłaszczowej na rurociągach zaprojektowano kompensatory.

Rozwiązania osprzętu dachu pływającego minimalnie odbiegają od rozwiązań tradycyjnych.