

**ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ПЕШЕХОДНИ МОСТОВЕ,  
НАМИРАЩИ СЕ МЕЖДУ ПОКРИВИТЕ НА СТОМАНЕНИ РЕЗЕРВОАРИ**

**Любомир Здравков<sup>1</sup>**

*Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия – София*

**SPECIFIC FEATURES IN DESIGN IN FOOTBRIDGES, LOKATED BETWEEN  
ROOFS OF ABOVEGROUND STEEL TANKS**

**Lyubomir Zdravkov**

*University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy - Sofia*

**Abstract:** *In 2011 has finished design of 16 aboveground steel tanks for Oiltanking Terneuzen B.V, the Netherlands. These tanks are with double shells, single bottom and dome roofs. On level of top angles of the tanks, between tanks are mounted pedestrian steel bridges for inspection and maintenance. They have various spans, as follow:  $L = 18\ 750\ \text{mm}$ ,  $L = 18\ 450\ \text{mm}$ ,  $L = 18\ 000\ \text{mm}$ ,  $L = 16\ 688\ \text{mm}$ ,  $L = 11\ 550\ \text{mm}$  u  $L = 9\ 450\ \text{mm}$ .*

*As a result of weak soils under the tanks and lack of reinforced concrete foundations it is expected extremely high levels of settlements - 500 mm in vertical direction and  $\pm 200\ \text{mm}$  - in horizontal. These significant settlements lead to specific decisions such:*

- use of moving bearings with large scope of horizontal deflection;*
- stationary bearings should have large capacity of rotation;*
- steel bridges should have as many degrees of freedom;*
- to ensure a walkway without gaps in case of horizontal deflection of supports in opposite directions.*

**1. Увод**

През 2011 г е завършено проектирането на 16 резервоара със сферичен покрив за Oiltanking Terneuzen B.V, Холандия. Резервоарите са с двоен корпус и единично дъно, със следните обеми:  $2 \times 40\ 000\ \text{m}^3$ ,  $7 \times 25\ 000\ \text{m}^3$ ,  $5 \times 10\ 000\ \text{m}^3$  и  $2 \times 6000\ \text{m}^3$ . Между тези резервоари, на височина 20 m, за удобство на обслужващия персонал са поставени стоманени пешеходни мостове. Отворите на тези мостове са в зависимост от разстоянията между резервоарите и са както следва:  $L = 18\ 750\ \text{mm}$ ,  $L = 18\ 450\ \text{mm}$ ,  $L = 18\ 000\ \text{mm}$ ,  $L = 16\ 688\ \text{mm}$ ,  $L = 11\ 550\ \text{mm}$  и  $L = 9\ 450\ \text{mm}$ . Мостовете са изцяло стоманени, като настилната е изпълнена от горещопоцинковани решетъчни скари. Тези мостове "стъпват" върху мястото на снаждане на основните корпуси на резервоарите със сферичните покриви, т.е. те преминават над предпазните чаши.

**2. Натоварване върху мостовете**

**2.1 Постоянни товари**

- заварени горещопоцинковани скари SP 240–34/38–3 –  $28\ \text{kg/m}^2$  ;
- тръбопроводи, кабели, инсталации -  $15\ \text{kg/m}^2$  .

---

<sup>1</sup> Любомир Ангелов Здравков, доц. д-р инж., УАСГ, София 1046, бул. „Христо Смирненски” №1, корпус «Б», ет. 7, каб. 733, e-mail: [zdravkov\\_fce@uacg.bg](mailto:zdravkov_fce@uacg.bg)

## 2.2 Подвижни товари от обслужващ персонал

Определят се съгласно изискванията на стандарт EN 14015:2004 [1]:

- равномерно разпределен товар -  $Q = 2,4 \text{ kN/m}^2$  ;
- концентриран товар, приложен в произволна точка от настилката -  $P = 5 \text{ kN}$ .

## 2.3 Натоварване от вятър

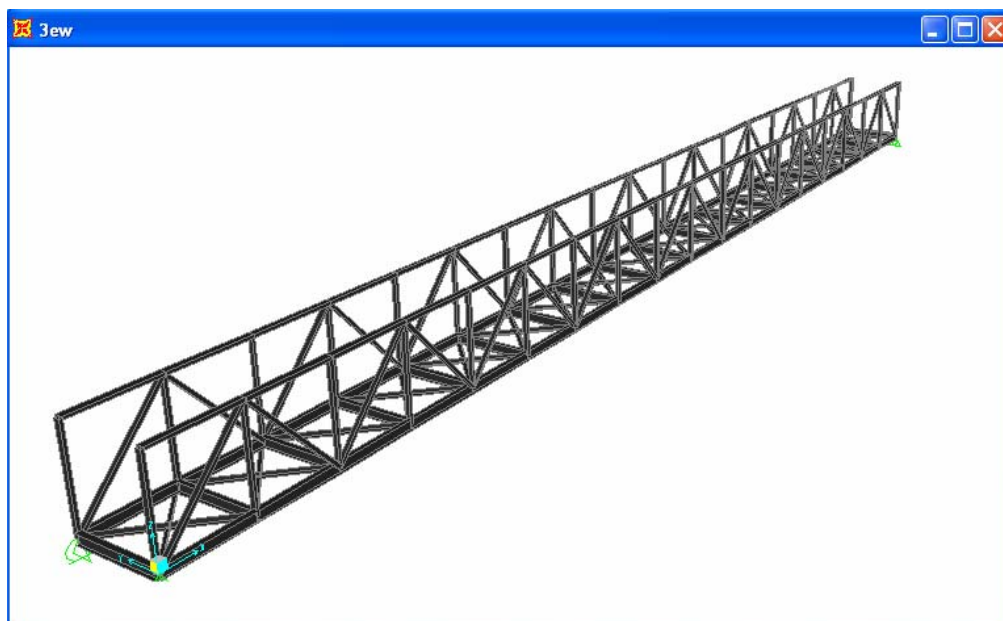
По задание, изчислителната скорост на вятъра  $v_b = 160 \text{ km/h}$ . В резултат, изчислителната стойност на ветровото налягане е  $q_{b,0} = 126,5 \text{ kg/m}^2$ .

## 2.4 Натоварване от сняг

По задание снежното натоварване е  $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$ . Отчитайки вида на настилката по мостчетата, която е изпълнена от горещопоцинковани решетъчни скари, снегът не следва да се комбинира с подвижни товари от обслужващ персонал.

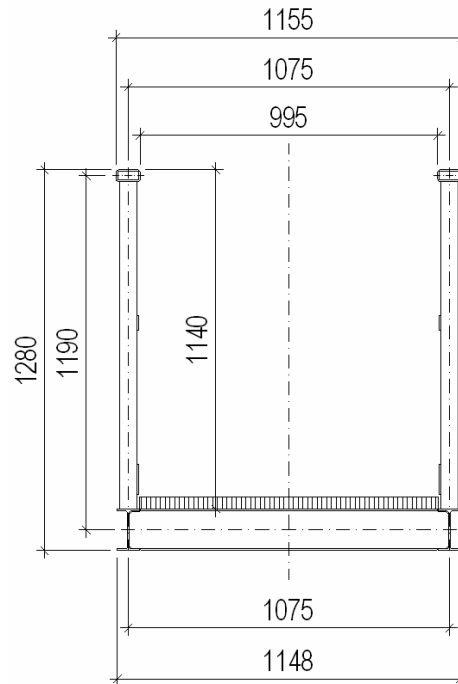
## 3. Вид на пешеходния мост и статическа схема

Предпазните стоманени чаши са със същата височина, както и основните корпуси на резервоарите. Това прави невъзможно развиването на носеща конструкция под пътеките за придвижване на персонала. С други думи, това ще са мостове с път долу. От друга страна, предвид немалките разстояния между опорите, използването на пълностенни главни греди е грозно и тежко. Това налага прилагане на ефирни прътови главни греди (Фиг. 1) от затворени кутиеобразни профили. Фермите са свободен горен пояс, който е укрепен от U-рамки в напречна посока (Фиг. 2). Главните греди изпълняват едновременно носеща и ограждаща (страничен парапет) функции, т.е. горният пояс играе ролята на ръкохватка на парапет, а по пълнежните пръти на фермата са поставени предпазни шини.



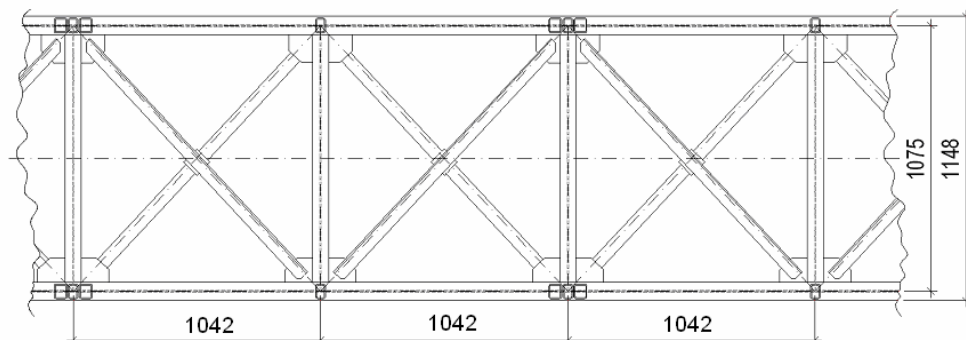
Фиг. 1 Изометричен изглед на стоманения пешеходен мост

За по-лесно придвижване / разминаване на обслужващия персонал, разстоянието между надлъжните греди е прието  $1075 \text{ mm}$ . По този начин могат да се използват пътни скари с ширина  $1000 \text{ mm}$ , поставени между пълнежните пръти на фермите (Фиг. 2). Повишената ширина се отразява благоприятно на коравината на пасарелката в напречна посока.



Фиг. 2 Напречна "U"-рамка

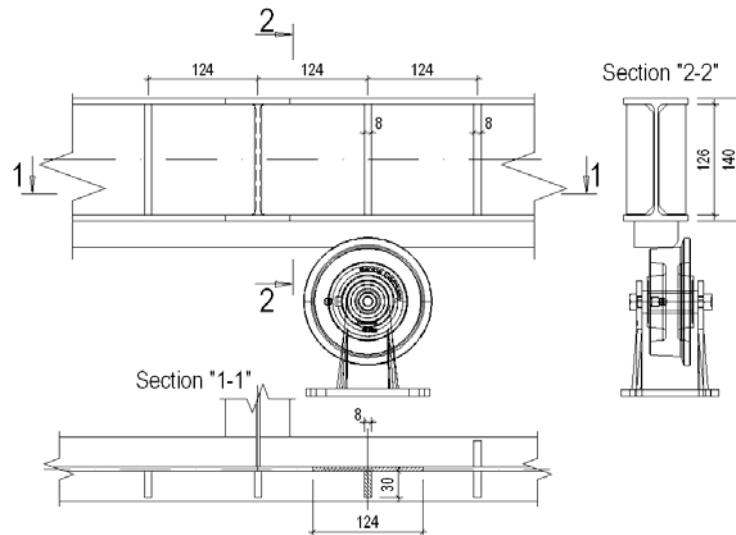
За поемане на вятъра, действащ в напречно на моста, по долния пояс на прътовите главни греди, под решетъчните скари, е развита единствената хоризонтална "X"-връзка (Фиг. 3). Нейните диагонали са оформени от единични ъглови профили L50x5, които преминават без прекъсване.



Фиг. 3 Хоризонтални връзки по долния пояс на главните греди

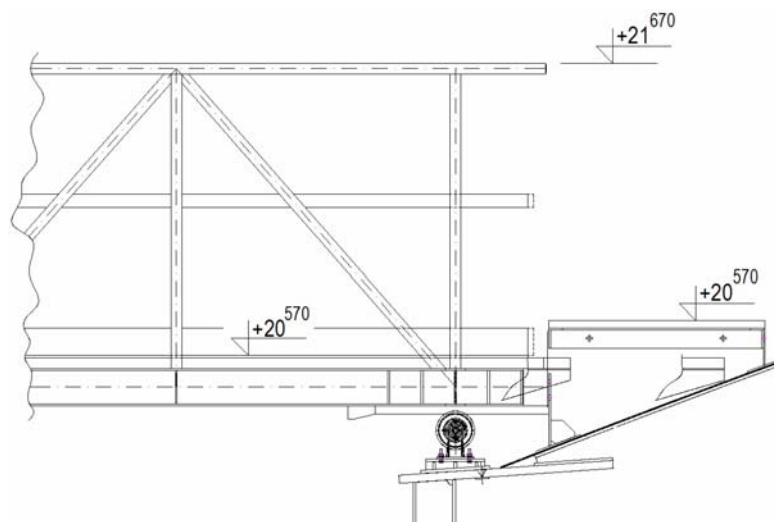
Сторманените резервоари под пасарелките са построени в Холандия, върху терен, отвоюван от морето. С цел икономия те са изпълнени върху земно-насипни фундаменти, които съчетани с лошите почвени условия, са предпоставка за значителни деформации в земната основа. Очакваните максимални премествания на опорите на пасарелките бяха за 500 mm - вертикално и  $\pm 200$  mm - хоризонтално. Именно тези, значителни като стойности очаквани премествания на опорите, налагат да бъдат взети следните конструктивни решения:

- използване на подвижни лагери, имащи достатъчно голям капацитет за свободно преместване на краищата на главните греди спрямо опорите под тях (Фиг.4);



Фиг. 4 Схема на "стъпването" на долния пояс на прътвата греда  
върху линейно подвижния ролков лагер

- достатъчно голям капацитет на завъртане на неподвижните лагери, чрез който да се компенсира различното слягане на съседните резервоари;
- осигуряване на възможно най-голям брой степени на свобода на конструкцията, чрез които да се минимизират ефектите от неравномерното слягане на опорите. Както в надлъжна, така и напречна посока. Това налага неподвижната опора да бъде само една на брой;
- предвид необходимостта от осигуряване на непрекъсната пешеходна пътека, без възможността за поява на "дупки" в краищата на пасарелките, последните навлизат под околоръстните площадки на резервоарите (Фиг. 5). Това им осигурява допълнителен запас от дължина, чрез който може да се компенсира раздалечаването на корпусите на съседните резервоари;



Фиг. 5 "Подпъхване" на края на пасарелката  
под околоръстната пътека на резервоара

След анализ и възприемане на необходимите от гледна точка на очакваните големи премествания на опорите конструктивни решения, изследването и проектирането на пасарелките следва своята логична последователност:

- избор на вида на поцинкованите решетъчни скари, които могат да понесат проектните натоварвания;
- определяне на необходимото сечение на горещовалцуваните напречни греди;
- определяне на необходимите сечения на горещовалцувания долен пояс и кутиеобразните горен пояс и пълнежни пръти на прътовите главни греди;
- доказване, че свободния горен пояс, който е укрепен от U-рамки в напречна посока (Фиг. 2), няма да загуби устойчивост от натисковите усилия в него;
- проверка на необходимите сечения на елементите в единствената хоризонтална "X"-връзка в пасарелката;
- проверка съгласно БДС EN 1993-1-5 [2] на стеблото долния пояс на главните греди (Фиг.4), който се "плъзга" над ролковия лагер, за концентрираната сила от опорната реакция;
- проверка за максимални деформации в хоризонталната и вертикалната равнини;
- определяне на собствените честоти на трептене на пасарелките, чрез които се следи за комфорта на обслужващия персонал.

Изследването и проектирането на пасарелките е правено чрез използване на тримерни компютърни модели. В първите модели пасарелките са хоризонтални (при липса на слягане), а в по-късните модели - наклонени (когато единият резервоар е слягал значително).

#### 4. Заключение

На пръв поглед това е една тривиална инженерна задача. Подценяването на нейните специфични особености обаче, може да доведе до съществено съкращаване на срока и / или невъзможност за експлоатация.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] EN 14015:2004, Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above, November 2004;
- [2] БДС EN 1993-1-5:2007, Проектиране на стоманени конструкции. Пълностенни конструктивни елементи, февруари 2007.