

---

**ВЪЗДУХОНЕПРОНИЦАЕМОСТ НА СТОМАНОБЕТОНЕН ПЛАВАЩ КЕСОН  
ТИП ПНЕВМО-КОНСТРУКЦИЯ**

Генчо Динев Георгиев

**AIR-IMPERVIOUSNESS OF REINFORCED CONCRETE FLOATING CAISSON  
TYPE PNEUMO-STRUCTURE**

Gencho Dinev Georgiev

**Резюме:** Представяме на вашето внимание плаваща кесонна конструкция от нов тип, приложима в хидротехническото строителство за изграждане на съоръжения, подложени на големи натоварвания във водна среда, практически на всякакъв вид земна основа в плитководни и дълбоководни акватории. Кесонът има призматична или цилиндрична форма и е без дъно. Разделен е на вертикални камери. Има горна плоча (капак), която не затваря всички камери. Транспортира се в плаващо състояние до мястото на полагане. С изменяне на налягането на въздуха в камерите е възможно прецизното коригиране на газенето на кесона и точното му полагане на място. Едно от най-важните неща при строителството и експлоатацията на бетонови кесони тип пневмо-конструкции е осигуряването на въздухонепроницаемост на конструкцията за стойности на въздушното налягане до 2 бара (0,2 МПа). Счита се, че стоманобетоните стени и плочи, изпълнени технологично правилно и вибрирани, са въздухоплътни дори и без мазилка по тях. Независимо от това, определените изисквания по изолацията и осигуряването на въздухонепроницаемост на стоманобетона трябва напълно да бъдат изпълнени в съчетание от променлива външна температура и постоянното въздействие на агресивна морска вода.

**Ключови думи:** хидротехническо строителство, плаващ кесон, пневмо-конструкция, бетон, въздухонепроницаемост

**Abstract:** This paper gives a brief description of a new type of floating caisson, structure, applicable in hydrotechnical construction of facilities subjected to heavy loadings in water areas, practically by every kind of a baseplate in shallow and deep water. The caisson has a prismatic or cylindrical form and no bottom. It is divided in vertical chambers and is provided with top plate (cover). The caisson is transported in a floating condition to the lay place. It is possible to introduce slight corrections of the caisson trim and its exact laying on a particular place by varying the air pressure in the chambers. One of the most important things in the construction and operation of concrete-type pneumatic structures is to provide air-imperviousness of the structure for air pressure values up to 2 bar (0.2 MPa). It is believed that the reinforced concrete walls and slabs, properly executed and vibrated, are air-tight even without plaster on them. Nevertheless, the prescribed requirements for the insulation and the provision of airtightness of reinforced concrete must be fully met in combination with varying outside temperature and the constant impact of aggressive seawater.

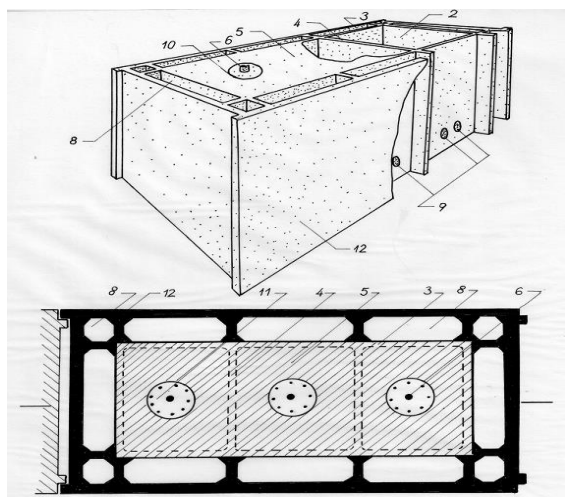
**Key words:** Hydrotechnical Construction, Floating Caisson, Air Pressure, air-imperviousness, reinforced concrete

## I. Въведение

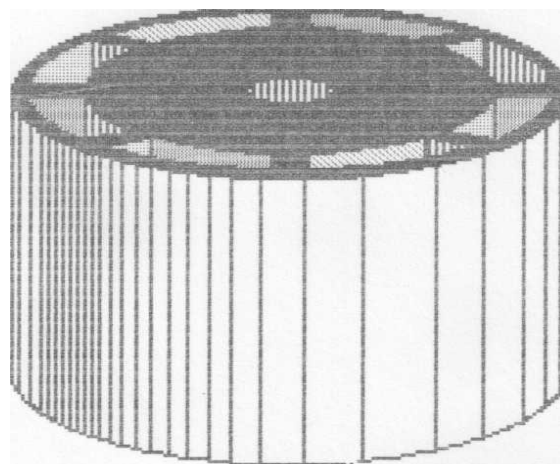
При строителството на съоръжения с различно предназначение в шелфовата зона широко приложение намират плаващите хидротехнически конструкции. Използването им води до значително съкращаване на сроковете за строителство и позволява изпълнението на значително по обем строителство в райони неразполагащи с необходимата промишлена база. Тези конструкции притежават собствена плавателна способност или тя се обезпечават посредством плаваща многотонажна механизация или швартовани към тях специални понтони. [5]

Предмет на настоящото изследване е плаващ стоманобетонен кесон от нов тип пневмо-конструкция, приложима в хидротехническото строителство за изграждане на съоръжения, подложени на големи натоварвания във водна среда, практически на всякакъв вид земна основа в плитководни и дълбоководни акватории.

Кесонът има призматична (Фиг. 1) или цилиндрична форма (Фиг. 2) и е без дъно. Разделен е от напречни и надлъжни вътрешни стени на странични и средни камери. Страничните камери са отворени отгоре и отдолу за увеличаване на инерционния момент на сечението от водното огледало и използването на присъединената маса вода при колебания по време на плаване. Средните камери са затворени отгоре със стоманобетонна плоча или инвентарен стоманен или стоманобетонен капак и обезпечават подемната плавателна сила. Снабдени са с изравнителни клапани, посредством които се създава и коригира въздушното налягане в средните камери. В горната плоча са вградени херметични люкове през които, след изравняване на налягането и потапянето на кесона става запълването му със запълнител. Вътрешните стени са снабдени с отвори на разстояние от основата, съобразено с размерите на кесона и обема на средните камери (т. 9 от Фиг. 1), което не позволява намаляването на метацентричната височина под критичната по време на плаване. Всичко това допринася предлаганата конструкция да бъде теоретически непотопяема при транспортиране, а практически да допуска крен и диферент до 45 градуса [4].



Фиг. 1. Призматичен кесон тип пневмо-конструкция



Фиг. 2. Цилиндричен кесон тип пневмо-конструкция

2. Вътрешни работни камери; 3. Надлъжни Въздухо-непроницаеми стени на работните камери; 4. Напречни въздухо-непроницаеми стени на работните камери; 5. Инвентарен горен капак; 6. Нагнетателен и изпуска-телен клапан; 8. Странични отворени камери; 9.

Стабилизиращи отвори; 10. Отворяеми херметични люкове; 11. Външно камерни стени; 12. Вути

## II. Същност на проблема

Едно от най-важните неща при строителството и експлоатацията на бетонови кесони тип пневмо-конструкции е осигуряването на въздухонепроницаемост на конструкцията за стойности на въздушното налягане до 2 bar (0,2 МПа).

Коефициентът на въздухопроницаемост на бетона  $K_v$  изразява количеството въздух, проникващо при неговото ламинарно движение през  $1 \text{ m}^2$  слой от бетона с дебелина 1 m в течение на 1 ch при разлика в налягането от двете страни на бетона 1mm живачен стълб. [3] Коефициентът на въздухопроницаемост има размерност  $\text{kg/m.ch.mmHg}$ . За бетон с обемно тегло  $2150 \text{ kg/m}^3$  той е от порядъка на  $K_a = 0,013 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.ch.mmHg}$ . При разлика в налягането 1 atm. (760mmHg), за дебелина на бетона 0,2 m се получава:

$$0,013 \cdot 10^{-3} \times 5 \times 760 = 0,0494 \text{ kg/m.ch.mmHg} \quad (1)$$

Получените коефициенти на въздухопроницаемостта на стоманобетона в редицата бетони с разход на цимент 320, 270 и 220  $\text{kg/m}$  кубичен (при постоянно значение на водоциментното съотношение 0,6 и подвижността на бетоновата смес) се отнасят както 0,84 : 1 : 2,7, тоест, при увеличаване разхода на цимент повече от 270  $\text{kg/m}$  кубичен, въздухопроницаемостта на стоманобетона намалява незначително, при намаляването разхода на цимент – въздухопроницаемостта рязко нараства (Фиг. 3.).

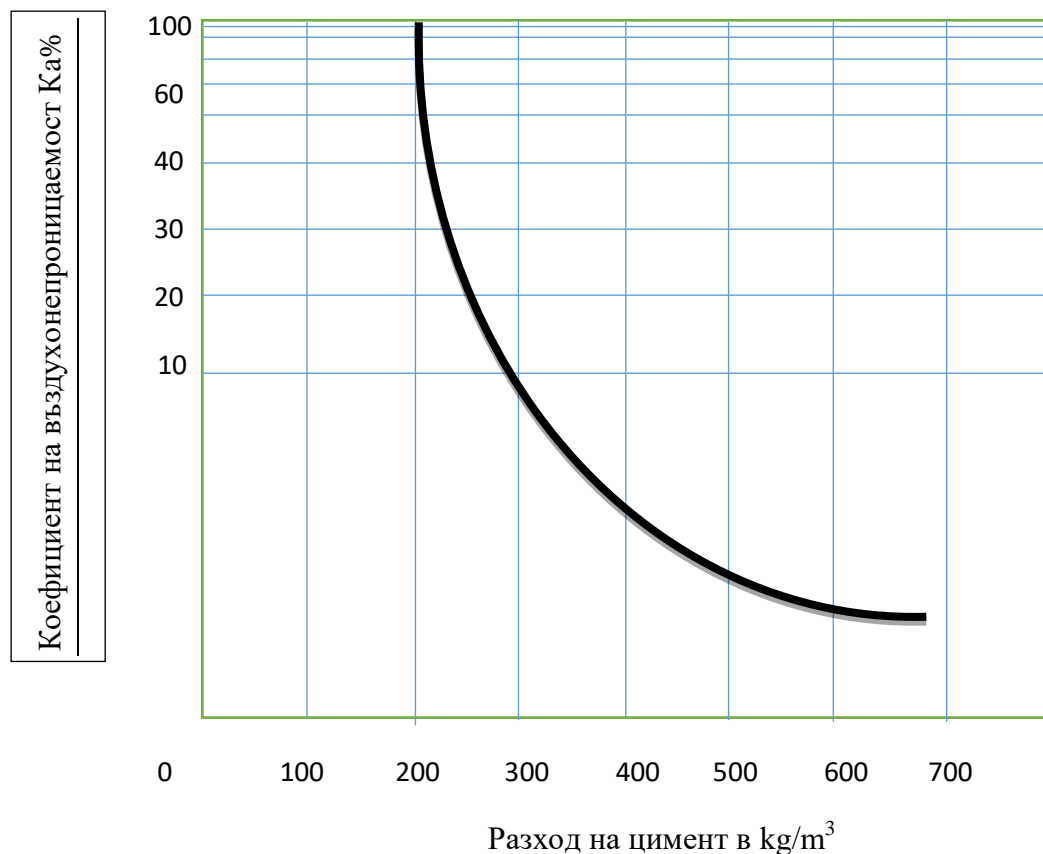
Резултатите на (фиг. 3) позволяват да се обяснят по-добре защитните свойства на бетона с по-голям разход на цимент, коефициента на въздухопроницаемостта на който примерно е 10 пъти по-малък то коефициента на въздухопроницаемост при нормален разход на цимент. [4]

Счита се, че стоманобетоновите стени и плочи, изпълнени технологично правилно и вибрирани, са въздухоплътни дори и без мазилка по тях. Въвличащите въздух добавки към бетона повишават неговата пористост, но не увеличават въздухопроницаемостта, доколкото се образуват затворени малко дисперсни пори. Независимо от това, определените изисквания по изолацията и осигуряването на въздухонепроницаемост на стоманобетона трябва напълно да бъдат изпълнени в съчетание от променлива външна температура и постоянното въздействие на агресивна морска вода.

Въздухонепропускливата изолация на стоманобетоновите пневмо-кесонните конструкции трябва да е :

- Предпазена от навлизане на морска вода от външната страна на конструкциите;

- Да бъде здраво фиксирана към стените на конструкцията, в случай на получаване на отрицателно пневмо-налягане при фиксиране на кесона на мястото за полагане (фиг. 2);
- Да бъде ефективна и да не допуска изтичане на въздуха;
- Да има голяма еластичност, която да осигури устойчивост на покритието при денонощните температурни колебания.



Фиг. 3. Зависимост на въздухонепроницаемостта на бетона от разхода на цимента

### III. Решение

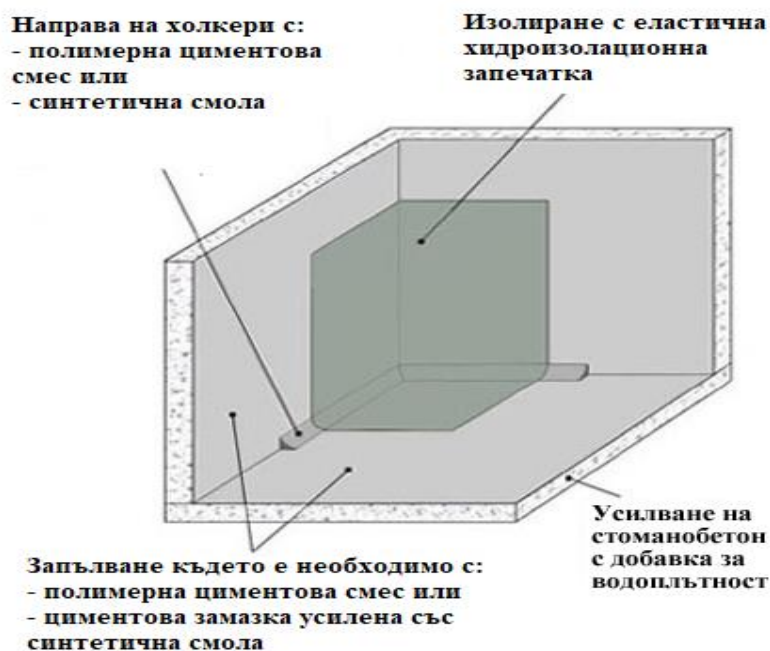
Същественото при изграждането на изолацията за осигуряване на въздухонепроницаемост на стените и тавана на пневмо-кесонните конструкции е самото детайлно проектиране на същите, като трябва да се обърне внимание на големината на пневматичното и хидростатично налягане и на всички видове детайли на конструкцията.

Вътрешните повърхности на стените и тавана се покриват с хидроизолационна запечатка (Фиг. 4.) на циментова основа, която да предлага:

- Крайна или основно покриваща безшевна изолационна мембрана, която да се характеризира с висока якост и адхезия към основата с висока устойчивост на обратен пневматичен натиск;

- Висока якост и дълготрайност, дължащи се на неорганичната основа на материала;
- Голяма еластичност;
- Еластично поемане на температурните разширения на основата.

Освен това, се препоръчва в бетона на структурните елементи на конструкцията да се добавя пластификатор за бетон – тип А – добавка за плътност в пропорция 0,2 – 0,5% от теглото на цимента.



Фиг. 4. Изолационни мероприятия.

#### IV. Полагане на изолацията за осигуряване на въздухонепроницаемост

1. Добро почистване на основата от мазнини, кофражни масла, прах, остатъчни материали и други.
2. Да се отстранят слабите места и да се поправят каверните и десортираните места по бетона.
3. Стърчащите жезла на арматурата да се отрежат на дълбочина 3 см в бетона.
4. При стърчащи арматури, бетона да се разбие и да се направят конусовидни отвори около армировката с дълбочина 3 см.
5. Конусовидните отвори и каверните да се запълнят с полимерна циментова смес за поправки или циментова замазка, усилена със синтетична смола, подобряваща свойствата за замазки и мазилки. Алтернативно решение, когато се цели бързина на работата, е да се използва бързо втвърдяваща се циментова смес за замазки и мазилки. Разходът на полимерната циментова смес варира от 25 kg за запълване на основата 30 – 40 m<sup>2</sup> (показателен разход за обработка на обикновена бетонова стена).

6. Работните фуги по тавана и по вертикалните елементи следва да се навлажняват добре и запечатат по тяхната дължина с полимерна циментова модифицирана смес или с цимент, подсилен със синтетична смола – полимерен латекс (формира се триъгълен жлеб с дълбочина на стената от около 5-6 см). Когато се изисква бърза работа може да се използва бързо втвърдяваща се циментова смес.

Разходът на полимерната циментова смес е 1,9 – 2,7 kg/m дължина на фугата.

7. Основата следва да бъде добре овлажнена, без остатъчна вода.

8. Външната температура при полагане не трябва да е по-ниска от плюс 5 °С. [1]

### **ДЕТАЙЛИ НА ПОДГОТОВКА НА ОСНОВАТА И ОСИГУРЯВАНЕ НА ВЪЗДУХОНЕПРОНИЦАЕМОСТ НА ПНЕВМО-КЕСОННА КОНСТРУКЦИЯ**



Фиг. 5. Детайлна подготовка на основата и осигуряване на въздухонепроницаемост на пневмо-кесонна конструкция

### **V. Заключение**

Изборът на най-подходящ метод за изолация, проектът и специфичните детайли на избраната изолационна система и правилното ѝ полагане на място, са ключови елементи за минимизиране на общата стойност на разходите. Обикновено, изолационната система се равнява на по-малко от 1% от общите разходи по изграждане на дадено съоръжение, но от нейното качество и правилното ѝ прилагане в огромна

степен зависят последващите разходи за ремонт и поддръжка през целия експлоатационен живот на конструкцията.

### Литература

1. Европейски стандарт EN 1504 – 2, 9; EN 12207
2. Регламент (ЕС) 305/2011
3. ГОСТ 12730.5–84. Бетони. Методы определения водонепроницаемости. Введ. 01.07.85.– М.: ФГУП Стандартиформ, 2007, 12 с.
4. С.Н. Алексеев, 1962. Коррозия и защита арматуры в бетоне. Государственное издательство литературы по строительству. Архитектуре и строительным материалам. Москва, 61с., 59.
5. Плаващ кесон тип пневмо-конструкция. Доклад на научна сесия на Съюза на учените „Науката в служба на обществото“, 2017 г.

**За контакти:**

Генчо Динев Георгиев  
Докторант, Институт по океанология - БАН  
гр. Варна - 9000, п. к. 152  
e-mail: [bgports@abv.bg](mailto:bgports@abv.bg)