

## ENGINEERING GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND METHODS FOR DRAINING AND CONSTRUCTING BUILDING FOUNDATION NEAR A WATER BASIN

*Ina Bozhinova-Popova, Emanuela Malinkova*

*University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia; E-mail: ina\_popova@abv.bg; emanuela.malinkova@mgu.bg*

**ABSTRACT.** The terrain in which the construction is carried out is built of weak soils. The level of ground water reaches the land surface. This requires lowering of the ground water level and constructing the foundation of the building in adverse engineering geological and hydrogeological conditions. Thus, small diameter vertical drains located along the perimeter of the drained area are used. This article presents the calculations for dimensioning small diameter vertical drains. Their flow rate and the corresponding depression curves have been investigated thoroughly. An engineering geological way to overcome the complex construction conditions in relatively weak soil varieties is offered. Due to the low values of soil deformation and strength parameters, the application of pile foundation is planned. The piles are designed and distributed according to the loads from the main construction. In this way, the safety of the building construction is guaranteed with appropriate technology.

**Keywords:** lowering ground water level, foundation, weak soils, small diameter vertical drains, ground water, pile foundation.

## ИНЖЕНЕРНОГЕОЛОЖКИ И ХИДРОГЕОЛОЖКИ УСЛОВИЯ И МЕТОДИ ЗА ОТВОДНЯВАНЕ И ФУНДИРАНЕ НА СГРАДА В БЛИЗОСТ ДО ВОДЕН БАСЕЙН

*Ина Божинова-Попова, Емануела Малинкова*

*Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски”, София 1700*

**Резюме.** Теренът, в който се изпълнява строителството, е изграден от слаби почви. Нивото на почвените води достига земната повърхност. Това налага понижаване на високите води и фундиране на сградата в неблагоприятни инженерногеоложки и хидрогеоложки условия. За водопонижението се използват иглофилтри, разположени по периметъра на отводняваната площ. В статията са представени изчисленията за оразмеряване на иглофилтрите. Изследван е техният дебит и съответните депресионни криви. Посочен е и начин за преодоляване на сложните условия за строителство в сравнително слаби инженерногеоложки почвени разновидности. Поради ниските им деформационни и якостни показатели се предвижда прилагане на пилотно фундиране. Пилотите са оразмерени и разпределени съгласно натоварванията от връхната конструкция. По този начин се осигурява сигурността на изграждането на сградата при подходяща технология.

**Ключови думи:** водопонижение, фундиране, слаби почви, иглофилтри, подземни води, пилотно фундиране.

## Въведение

Крайбрежните райони представляват интерес като удобни и функционални строителни терени. В много случаи обаче те са изградени от слаби водонаситени почви, които създават строителни затруднения, често свързани и със значителни водопонижения. Това налага допълнителни и целенасочени проучвания, които да установят качествата на слабите почви и тяхната пригодност да понесат натоварванията от строителните конструкции, което означава, че трябва да се установят техните якостни и деформационни показатели заедно с филтрационните им свойства. Необходимо е да се установи и наличието на пластове от здрави почви, които могат да послужат като основа за пилотно фундиране. Най-подходящи за целта са изпитванията по така наречените методи „in situ“, каквито са статичните пенетрации, изпитвания чрез SPT-метод, визуални оценки, както и местният опит.

Особен интерес представляват зони, където се очакват силни сеизмични въздействия, както и други видове натоварвания, като например – силни ветрове, понякога със

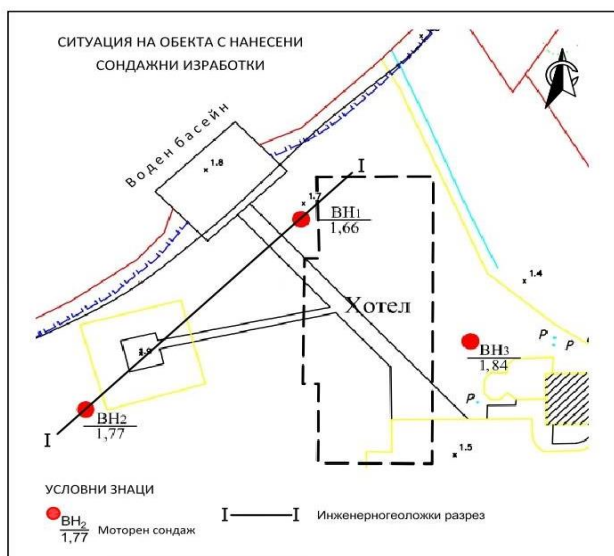
скорост 200 – 300 km/h. Тогава условията за прилагане на плоско фундиране стават още по-неблагоприятни. Тогава се изисква избор на подходяща технология за изпълнение и определяне на носещата способност и изчислителното съпротивление на пилотите при действието на вертикални и хоризонтални сили.

В статията се дава информация за проучване и изпълнение на фундирането на хотел на морски бряг. Строителството на сградата е проектирано и изпълнено при високи нива на почвените води и в слаби почви. Сградата е фундирана на обща фундаментна плоча с пилоти.

## Инженерногеоложки и хидрогеоложки условия

Обектът на настоящото проучване се намира в непосредствена близост до воден басейн, като голяма част от проучвания терен е заета от търговски обекти, магазини и заведения за хранене. В геоморфоложко отношение е

разположен върху ниска морска тераса, с полегат бряг, допълнително заздравен чрез натрупване на скални късове. Релефът е равнинен със средна надморска височина 1,80 m. Не е установено наличието на физико-геоложки явления и процеси. В този район скалната подложка е представена от вулкански скали, риолити и базалти и заляга на дълбочина от около 13 m. Почвите непосредствено над скалната подложка са представени от изветрели скални късове с пясъчлив или глинест запълнител, които са покрити от пясъчливи и глинесто-пясъчливи разновидности. Срещат се отделни лещи и прослойки от тиня. В резултат на проявяваната вулканска дейност, тектониката на разглеждания район е сложна, а скалите са силно ерозирали. Геоложкият строеж на проучения терен е изследван с три броя моторни сондажи (Фиг. 1.).



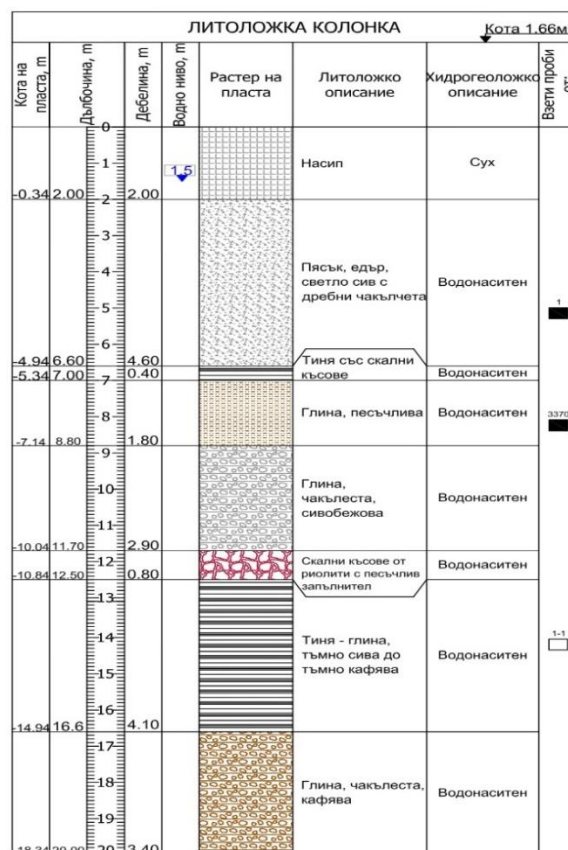
Фиг. 1. Ситуация на обекта

Получените данни от сондирането са обобщени и отразени в литоложката колонка, представена на Фиг. 2.

За установяване на физико-механичните показатели на литоложките разновидности са изследвани лабораторнонарушени земни проби. Извършени са и полеви изследвания по метода „динамична пенетрация“ („SPT-Standart Penetration test“). Обособени са шест инженерногеоложки пласта с различни мощности. В таблица 1 са дадени тези пластовете, заедно с представителните стойности на общите им физико-механични, якостни и деформационни характеристики.

Таблица 1. Съществуващите инженерногеоложки разновидности и обобщени физико-механични показатели

Литоложка разновидност	Обемна плътност, $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	Ъгъл на вътрешно трене $\varphi^0$	Кохезия, С, (кПа)	Деформационен модул Е (кПа)
1. Насип и почвен слой	1,8	-	-	-
2. Пясък едър и среден	1,5	30,00	5,50	-
3. Глина пясъчлива и чакълесто-пясъчлива	1,8	22,00	52,30	8105,05
4. Тиня – глина тъмно сива	1,79	12,00	0,00	-
5. Риолити изветрели до отделни скални късове с глинест или пясъчлив запълнител	1,96	14,10	51,75	6183
6. Базалти тъмно сивозелени	2,76	-	-	-



Фиг. 2. Литоложка колонка

Районът се характеризира с висока сеизмичност (IX Сеизмична степен по MSK). Съгласно действащите нормативни документи за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони не се допуска пряко фундиране върху пластовете 1 (насип и почвен слой) и 4 (тиня). Инженерно-геоложките условия на проучения терен се класифицират като неблагоприятни в сеизмично отношение, и поради водно ниво по-плитко от 4 m.

### Отводняване на строителния изкоп

От инженерногеоложкия разрез, показан на ситуацията, се установява, че до дълбочина 2,0 m залягат насипи, негодни за фундиране. За да се разчита на евентуално съдействие на земната основа под фундаментната плоча при поемането на вертикалните и хоризонтални сили, се изисква отстраняване на насипите и стъпване на фундаментната плоча на пясъчна основа.

Характерна кота на:

- 0,00 = абс. кота 2,60
- терена - -0,94 – абс. кота 1,66
- ниво на подземните води - -2,44 – абс. кота 0,16
- долния край на насипите - -2,94 – абс. кота -0,34
- фундиране - -3,10 – абс. кота -0,50.

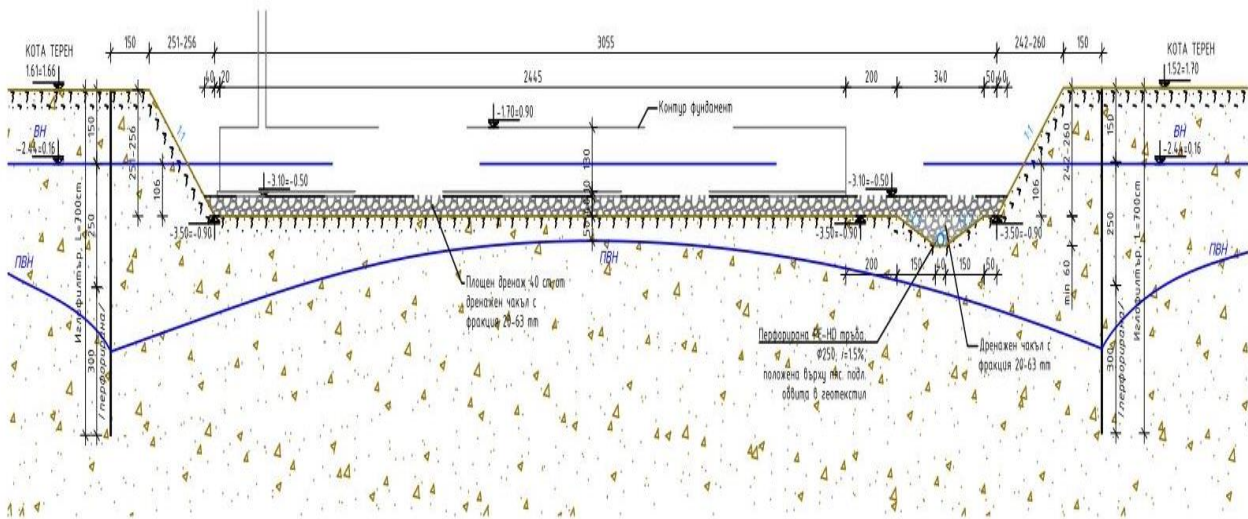
При тези данни, дълбочината на фундиране на сградата е 2,15 m – стъпила в пясъците на дълбочина 16 cm, както е показано на Фиг. 3.

Според правилниците за фундиране, се изисква нивото на подземните води да спадне най-малко на 50 cm под котата на фундиране. При дадените по-горе нива на подземните води и котата на фундиране, се оказва, че е

необходимо водопонижение от 1,20m. Поради наличието на пясъци, може да се очаква засилена дънна филтрация.

Направен е избор за водопонижение чрез иглофилтри, поставени по периметъра на отводняваната площ.

При потопяване на долния край на филтриращата част на иглофилтрите на 5,5 m се получава дължина на филтриращата част 3,0 m (Фиг. 3.).



Фиг. 3. Схема за отводняване

Дълбочина на депресионната линия следва да е  $S = 3,30$  m.

За диаметър на иглофилтърните игли се приема 0,15 m и съответно радиус - 0,075 m.

Радиусът на депресионната крива се определя по формулата на Sichardt (Grundbau, 1966; Абрамов, 1955):

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k} \approx 300 \text{ m} \quad (1)$$

Притокът на вода в строителния изкоп се определя по метода на Форхаймер (3.), (Гълъбов, Стоянов, 2005; Зееверт 1982).

Площта на областта, в която се изпълнява водопонижението е  $A = 668 \text{ m}^2$ , от където следва, че приведенят радиус на тази площ е:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \approx 15 \text{ m} \quad (2)$$

Тъй, като изкопът се приема като несъвършен кладенец, под нивото на иглофилтрите остава водопропусклив пласт с дебелина  $m = 2,5$  m, водният приток са определя по формулата:

$$Q = \frac{2,73 \cdot k \cdot m \cdot S}{lg \frac{R+r}{r} + 0,2 \frac{m}{r}} = 9014 \text{ m}^3 / d \quad (3)$$

Съгласно данните от инженерногеоложките проучвания, под фундамента на сградата има едър пясък с дребен чакъл. Пясъкът има ниско съдържание на прахова фракция, без съдържание на глина. Това го прави силно водопропусклив, като средната стойност на коефициента на филтрация е:

$$k = 80 \text{ m/d} = 0,000926 \text{ m/s} = 0,0926 \text{ cm/s}.$$

Тази стойност се приема за изчисленията.

За една секунда притокът на вода е

$$q = 104 \text{ l/s} = 0,104 \text{ m}^3/\text{s}.$$

При нареждане на иглофилтрите през 1,5 m, се получават 95 броя иглофилтри. Дебитът на един иглофилтър се получава  $1,1 \text{ l/s} \approx 0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$ .

За изчерпване на това водно количество са необходими най-малко 4 помпи с дебит по  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ , или 2 помпи с дебит по  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Необходимото водно количество, което трябва да постъпи в иглофилтъра, се определя по формулата (Минков, 1965):

$$q_{\max} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot \sqrt{\frac{k}{15}} \quad (4)$$

където:

$g$  – радиус на иглофилтъра, m;

$k$  – коефициент на филтрация, m/s;

$h$  – дължина на филтриращата част на тръбата, m.

След заместване на величините се получава, че максималното водно количество, което може да се поеме от един иглофилтър е  $0,00286 \text{ m}^3/\text{s} = 2,86 \text{ l/s}$ . Тази стойност е по-голяма от проектната ( $1,1 \text{ l/s}$ ), която е определена от решението за водопонижение на площадката. С това се доказва възможността за водопонижение при получените резултати и ефекта от приложението на иглофилтрите.

## Метод за фундиране

При изчисленията за фундиране на сградата за представителни се приемат данните от ВН-1 (Фиг. 2.). Тъй като почвите, върху които ще се изгражда сградата, не отговарят на условията за плоско фундиране, т.е. сляганята да бъдат в определени граници и устойчивостта да бъде гарантирана с определен коефициент на сигурност, се проектира пилотно фундиране. Стойностите на SPT се използват за определяне на върховото съпротивление на статичен пенетрометър, както и за определяне на върховото съпротивление и околното триене на пилотите. Използвани са корелационни зависимости, чрез които по данни от SPT са определени якостните и деформационни

характеристики на почвите, както и носещата способност на пилотите (Sanglerat, 1965; Трофименкова, 1969).

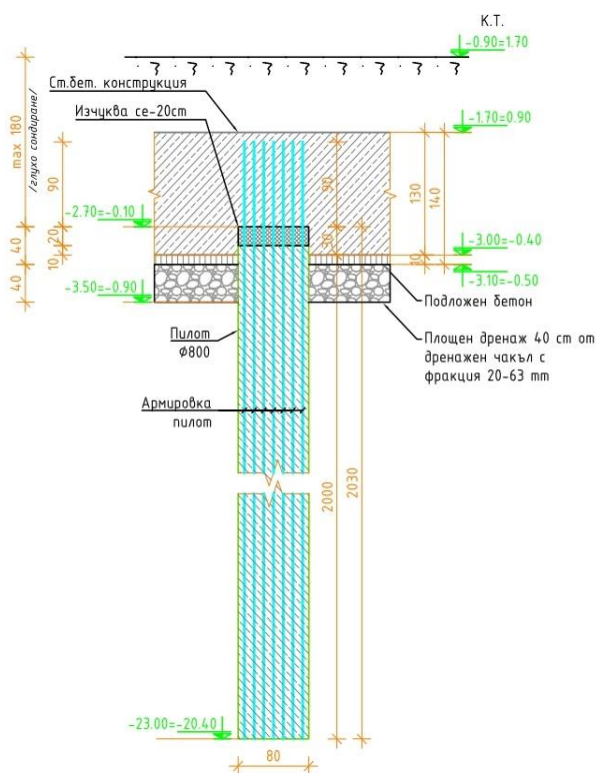
Приетото пилотно фундиране е със сондажни пилоти с диаметър 800mm и дължина 20m. Прилага се статистически модел за определяне на носещата способност –  $Q$  и изчислителното съпротивление –  $P$  на пилотите, като е използван коефициент на сигурност 1,4 (Sanglerat, 1965). От входните данни са получени следните стойности за пилотите:

$Q=4840$  kN и  $P=3450$  kN.

С получените данни за изчислителното натоварване на един пилот се прави разпределение на пилотите под фундаментната плоча, съгласно дадените натоварвания от връхната конструкция. След това разпределение, се прави проверка на действителното натоварване на отделните пилоти. От проверката се установява, че най-натоварените пилоти получават вертикални сили:

$N_{\max} = 2901,63$  kN ,

$N_{\min} = 196,20$  kN (Божинов, Дингозов, 1979).



Фиг. 4. Детайл на пилот

Освен на вертикални сили, пилотите са подложени и на значителни хоризонтални натоварвания, предизвикани от земетръсни и ветрови въздействия. Изчислено е, че всеки пилот ще бъде натоварен с хоризонтална сила от  $H=589$  kN (Божинов, Попов, 2016).

Изчисленият максимален огъващ момент за един пилот е  $M_{\max}=713,14$  kNm. За тази стойност се прави армирането на пилотите.

Предвид сравнително слабите почви непосредствено под фундаментната плоча и високите натоварвания, е приета схемата „запънат пилот“. Детайл на връзката пилот-фундаментна плоча е даден на Фиг. 4.

## Заклучение

Посочените решения и заключения са използвани при фундирането на реален обект при инженерногеоложки и хидрогеоложки условия, показани в статията. Обектът е реализиран при потвърдени показатели, залегнали в решенията. В случая се третира фундиране при изключително сложни условия в слаби почви, високи нива на подземните води и отводняване при значителен водоприток.

## Литература

Абрамов, С. 1955. *Гидрогеологические расчеты вертикальных дренажей при осушении угольных месторождений*, Москва.

Божинов, Б., С. Попов. 2016. *Изчисляване на пилоти, шлицови и шпунтови стени, натоварени с хоризонтални сили и огъващи моменти*, София.

Божинов, Б., Г. Дингозов. 1979. *Пилотно фундиране*, София.

Божинова-Хапанен, А. 2021. *Деформационни свойства на структурирани глинни*, София

Гълъбов, М., Н. Стоянов. 2005. *Динамика на подземните води*, София.

Зееверт, Л. 1982. *Фундиране при трудни условия на земната основа*, София.

Минков, В. 1965. *Фундиране*, София.

Трофименкова, Ю. 1969. *Справочник проектировщика*, Москва.

Wilhelm Ernst V. & Sohn. 1965. *Grundbau- Taschenbuch Band I. Grundlagen*, Berlin-Munchen.

Sanglerat. G. 1965. *Le penetrometre et la reconnaissance des sols*, Paris.