

**STRENGTHENING OF THE SOIL UNDER EXISTING BUILDING WITH  
GROUTING WITH TUBE A MANCHETTE (TAM)**

**ЗАЗДРАВЯВАНЕ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА ПОД СЪЩЕСТВУВАЩИ  
ФУНДАМЕНТИ ЧРЕЗ ИНЖЕКТИРАНЕ (TAM)**

**Mariya Ruseva<sup>1</sup>**  
PhD student, UACEG  
Andrey Totsev<sup>2</sup>  
Assoc. Prof., UACEG

Мария Русева<sup>1</sup>  
Докторант, УАСГ  
Андрей Тоцев<sup>2</sup>  
доцент, УАСГ

**Abstract:**

*Технологията „накер- тръба с манишет“ се използва в България при заздравяване на земната основа под съществуващи сгради и съоръжения. Статията представя същността на метода и неговото историческо развитие, както и различни изчислителни методи за проектиране. Представен е лабораторен опит за определяне на инжектируемостта и интересни примери от българската практика.*

**Ключови думи:** заздравяване на почвата, цимент, тръба с манишет

**Резюме:**

*The technology of TAM is used in Bulgaria for strengthening of the soil under existing building. The article presents the TAM method and its development, different methods for design of soil strengthening and the laboratory test for determination of cement consumption by grouting with low pressure. Interesting examples from Bulgarian praxis are presented.*

**Keywords:** strengthening, soil, tube-a-manchette, cement

**1. ВЪВЕДЕНИЕ**

В последните години при все повече сгради и съоръжения се налага заздравяване на земната основа по различни причини. От една страна строителството на метрополитени, дълбоки изкопи, пътища, мостове и т.н. в големите градове води до промяна на напрегнатото и деформирано състояние, при което работят съществуващите в съседство сгради и съоръжения. От друга страна нормативните документи стават все по „строги“ и съоръжения строени преди десетилетия не отговарят на действащите към момента нормативи.

<sup>1</sup> Mariya Ruseva, PhD student., ruseva\_m@yahoo.com

<sup>1</sup> Мария Русева, докторант, ruseva\_m@yahoo.com

2 Andrey Totsev, Assoc. Prof., atocev@gmail.com

2 Андрей Тоцев, доцент, atocev@gmail.com

Често пъти проблеми с течове в канализационната и водопроводна мрежа, водят до ерозионни и суфозионни процеси в почвата и компрометиране на земната основа на вече изградени съоръжения (Сн.1 и 2).

**Сн. 1 и 2. Примери за компрометирани сгради**



При всички описани по-горе случаи едно от възможните решения е заздравяването на земната основа и подобряване на якостно-деформационните свойства на почвата чрез инжектиране (под ниско налягане) на циментов разтвор с добавки, по метода „пакер - тръба с маншет“ (tube a manchette - ТАМ), познат още като маншетно инжектиране. Така получената циментопочвена структура е със значително подобрени свойства.

Тук ще бъде представен процеса на проектиране, както и интересни примери от българската практика. Съществуват приблизителни методи за определяне на количеството инжектиран разтвор и определяне на потенциалния ефект от заздравяването. Съществуват също така и лабораторен опит, а често във фазата на предпроектните проучвания се прави и опитен участък

## **2. ПАКЕР- ТРЪБА С МАНШЕТ (ТАМ)**

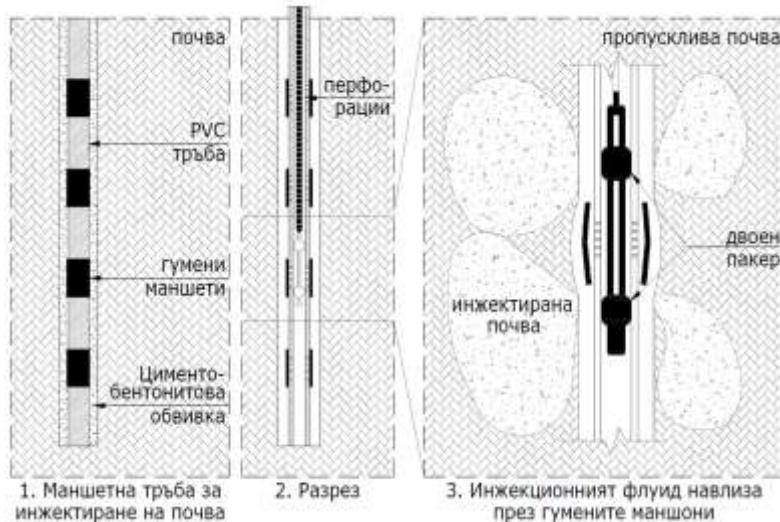
Концепцията за инжектиране на циментов разтвор е използвана за първи път през 1802 във Франция. В последствие през петдесетте години на 19-ти век Кинипъл в Англия внедряват инжектирането с цимент в строителната практика. Първоначално приложението му е свързано със строителството на язовирни стени, като в последствие обхватът му на приложение се разширява. Самата технология тръба с маншет е предложена от Ichu през 30-те години на 20-ти век. Най-сериозни изследвания по проблема в световната литература са представени от Houlsby (1990), Weaver (1991) и Litteljohn (2003) [4].

Самото инжектирането представлява процес, при който циментов разтвор с добавки се вкарва под ниско налягане (до 6-8 atm) в порите на почвата и/или пукнатините на скалите, без да се нарушава нейната структура. Разтворът се втвърдява след определено време и се получава цименто- почвено тяло с много по- добри якостно деформационни характеристики.

Технологичната последователност на изпълнението е следната (фиг. 1):

- изпълнява се сондажен отвор – най- често с диаметър около 7 cm;
- в сондажа се спуска метална или пластмасова тръба, която има отвори през определено разстояние, които са закрити с гумени маншети;

Фиг. 1. Технология тръба с маншет (ТАМ)



- разстоянието между стените на сондажа и тръбата се запълва с разтвор на бентонитова основа, който възпрепятства покачването на инжекционния разтвор по зоната между сондажа и тръбата и го насочва в почвата/ скалата в зоните ограничени с маншетите;
- следва инжектиране на циментов разтвор в почвата посредством пакер (Сн. 3, 4 и 5).

Сн. 1 и 2. Примери за компрометирани сгради – инжекционни тръби; пакер; система за инжектиране.



### 3. ПРОЕКТИРАНЕ НА ТАМ

Проникването на циментова суспензия в пукнатини и пори зависи както от вида и свойствата на почвата, така и от вида и едрината на цимента, както и на използваните добавки. В специализираната литература съществуват редица методи, като главно те зависят от зърнометричния състав на почвата и едрината на циментовите зърна.

Установено е, че за да се извърши успешно инжектиране на суспензия, трябва да се спазва някое от следните условия.

#### 3.1. N-criterion [3]

Един от популярните критерии за инжектиране е т. нар. N- criterion, според който за да се извърши успешно инжектиране на суспензия, трябва да е изпълнено следното условие, което всъщност показва податливостта на почвата към инжектиране:

$$(1) \quad d_{15}/D_{85} = N,$$

където  $d$  е диаметъра на почвените зърна,  $D$  – диаметъра на циментовите зърна.

Те се определят от зърнометричните криви. В табл. 1 са дадени стойности за някои от популярните цименти, а в табл. 2 критериите за инжектируемост на почвите според различни автори [3]

**Табл. 1. Различни цименти и техните размери на зърната при 85% [3]**

Цимент	$d_{85}$ [mm]
<b>CEM I 32.5</b>	<b>0,043</b>
<b>CEM I 42.5</b>	<b>0,025</b>
<b>CEM I 52.5</b>	<b>0,020</b>
<b>Ултрафин</b>	<b>0,006-0,016</b>

**Табл. 2. Критериите за инжектируемост на почвите според различни автори [3]**

Автори	Инжектируемост		
	възможно	несигурно	невъзможно
<b>Kutzner (1991)</b>	<b><math>N &gt; 40</math></b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Mitchel (1970)</b>	<b><math>N &gt; 24</math></b>	<b><math>24 &lt; N &lt; 11</math></b>	<b><math>N &lt; 11</math></b>
<b>Sherard&amp;Dunningan (1984)</b>	<b><math>N &gt; 24</math></b>	<b><math>24 &lt; N &lt; 9</math></b>	<b><math>N &lt; 9</math></b>
<b>Kravetz (1958)</b>	<b><math>N &gt; 20</math></b>	<b><math>20 &lt; N &lt; 9</math></b>	<b><math>N &lt; 5</math></b>

#### 3.2. Mitchell-criterion [5]

N-criterion е доразвит от Mitchell във вида:

$$(2) \quad d_{15}/D_{85} = \psi$$

$$(3) \quad d_{10}/D_{95} = \phi$$

В табл. 3 са дадени стойности за инжектируемост на почвите според [5].

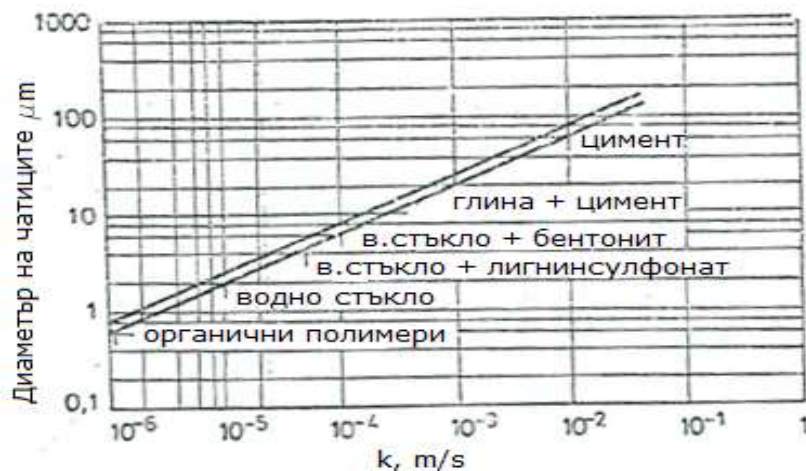
**Табл. 3. Критериите за инжектируемост на почвите според Mitchell [5]**

Автори	Инжектируемост		
	невъзможно	възможно	лесно
$\psi$	< 11	11 - 24	> 24
$\theta$	< 6	6 - 11	> 11

### 3.3. Kambefor (1977)

Авторът предлага показаната на фиг. 2 зависимост [1] между диаметра на частиците на разтвора и коефициента на филтрация на почвата като критерий при избора на инжекционен разтвор и инжектируемост на почвата.

**Фиг. 2. Инжектируемост според Kamberof [1]**



## 4. ЛАБОРАТОРЕН ОПИТ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИНЖЕКТИРУЕМОСТТА НА ПОЧВАТА

През 2020 г. Тоцев разработва и в последствие патентова „апарат за тестване на инжектирането на разтвори в почвени проби“ както и лабораторен опит за определяне на инжектируемостта на дадена почва. Целта е да се създаде апарат за тестване инжектирането на циментов разтвор под ниско налягане в почвена проба, с който да се определи възможността за заздравяване на земната основа. Дефинира се коефициент на инжектиране. Постановката подробно е показана в [2].

В последствие се провеждат редица опити за определяне на коефициента на инжектиране при различни почви, характерни за България. На база на проведените опити се предлага следната класификация на почвите (табл. 3).

**Табл. 1. Класификация на почвите в зависимост от коефициента на инжектиране  $k_{inj,2}$**

Вид почва	$k_{inj,2}$
неинжектируема почва	$0 < k_{inj,2} \leq 3$
слабо инжектируема почва	$3 < k_{inj,2} \leq 6$
средно инжектируема почва	$6 < k_{inj,2} \leq 12$
добре инжектируема почва	$12 < k_{inj,2} \leq 16$
силно инжектируема почва	$> 16$

## **5. ПРИМЕРИ ОТ ПРАКТИКАТА**

Представени са три примера от практиката, при които са сравнени резултатите от лабораторните изпитвания с действителните инжектирани количества в земната основа.

Първият обект е блок в ж.к. Толстой. Обектът представлява жилищен блок построен 60-те години на миналия век. Сградата има 3 секции и 4 етажа. Конструкцията е безскелетна стоманбетонова с панели. През 2000 година в сутерена и по етажите започват да се налюдават пукнатини и отваряне на фуги, които нарушават експлоатационната годност на помещенията. Към 2021 г. пукнатините по етажите достигат 5 и повече см. По проект на проф. Михова, е предвидено заздравяване на земната основа чрез инжектиране под ниско налягане на циментов разтвор. Целта е да се изгради цименто-почвено тяло с голяма коравина под основната плоскост на фундамента. В план са предвидени са 150 бр. инжекционни тръби с дължина от по 5,0 m, разположени през 0,8 m една от друга по целият външен периметър на сградата. Взети са почвени проби, определени са коефициентите на инжектиране за различните почвени разновидности и степента на инжектируемост. Проведени са дейностите по заздравяване на сградата и е оценен ефекта от заздравяване с полеви методи.

Аналогичен подход се използва на два други обекта. Единият е сградата на Медицинската библиотека към Медицински университет в гр. София (Сн. 1), която е построена в началото на миналия век - към 1924г. Вертикалните и хоризонталните товари се поемат от покривната дървена конструкция, подовите гредореди и стоманобетонни гредови плочи, тухлените стени и колони и каменни стени и основи. През 2020 г. след оглед са установени пукнатини с различна големина разположени по различни фасадни стени. Другият обект е физкултурния салон на техникум Попов в гр. София (Сн. 2), където както е видно от снимката се наблюдават пукнатини с различна големина разположени по стените на физкултурния салон и стаята за преподаватели в пристройката до салона. На тези два обекта също така е предвидено инжектиране на циментов разтвор по метода тръба с маншет.

Получените резултати показват добро припокриване на лабораторно определената с действителната инжектируемост на почвата.

## **ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ**

Съществуват различни методи за заздравяване на земната основа, но представеният тук метод им предимството, че се изпълнява с малогабаритна техника, лесно достъпна в сутерените на стеснените градски условия. Също така предложената методика не нарушава структурата на почвите и скалите. Проектирането не е еднозначно решено, но са представени различни методи, както и лабораторен опит. Икономичното и сигурно проектиране потвърждава необходимостта изследване на проблема и сравняване на изчислителните и лабораторни резултати с действителните.

## **REFERENCES / ИЗПОЛЗВАНИ ИЗТОЧНИЦИ**

- [1] Stefanov G. et al. Narachnik po zemna mehanika i fundirane 1. Tom, 1989
- [2] Totsev A., Definirane i opitno opredelyane na koefitsient na inzhektirane na tsimentov raztvor v pochveni probi, X Mezhdunarodna nauchna konferentsiya po arhitektura i stroitelstvo ArCivE, 2021
- [3] Austrian society for geomechanica, Expert Comments to EN 12715, Grouting.
- [4] Littlejohn - Design of Cement-Based Grouts

[5] SCDOT Geotechnical design manual. Ground improvement. 2010.