

## **МЕТОДИКИ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДИНАМИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СТРОИТЕЛНИ МАШИНИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО ИМ С РАБОТНАТА СРЕДА**

**Борис Петков, Емил Йончев**  
[borpet@vtu.bg](mailto:borpet@vtu.bg), [e\\_iontchev@yahoo.com](mailto:e_iontchev@yahoo.com)

**ВТУ "Тодор Каблешков" София, ул. „Гео Милев" 158  
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** Строителни машини, динамични характеристики, почви, насипни материали, коефициент на еластичност, коефициент на демпфериране.*

***Резюме:** Лабораторните нестандартизирани методи за определяне на динамичните характеристики на строителни машини при взаимодействието им с работната среда дават възможност да се определят коефициентите на еластичност (възстановяемост) и коефициентите на демпфериране (вискозност) на почви и насипни материали. Гореспоменатите съображения дават основание да бъдат определени като подходящи Лабораторните нестандартизирани методи – честотен и деформационен като база за разработване на методика за провеждане на експерименти за определяне на коефициентите на демпфериране и еластичност на почвите и насипните материали.*

### **1. УВОД**

Лабораторните нестандартизирани методи за определяне на динамичните характеристики на насипни материали дават възможност да се определят коефициентите на еластичност (вискозност) и коефициентите на демпфериране на почви и насипни материали.

Лабораторните нестандартизирани методи – честотен и деформационен са подходящи [1] за разработване на методика за провеждане на експерименти за определяне на коефициентите на демпфериране и еластичност на почвите и насипните материали.

В настоящия материал предлагаме методики за провеждане на експериментите и по двата метода, като принципна схема на опитната уредба е показана на фиг. 1.

### **2. МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗПИТВАНЕ ПО ЛАБОРАТОРЕН ЧЕСТОТЕН МЕТОД**

#### **2.1. Подготовка на изпитвания образец.**

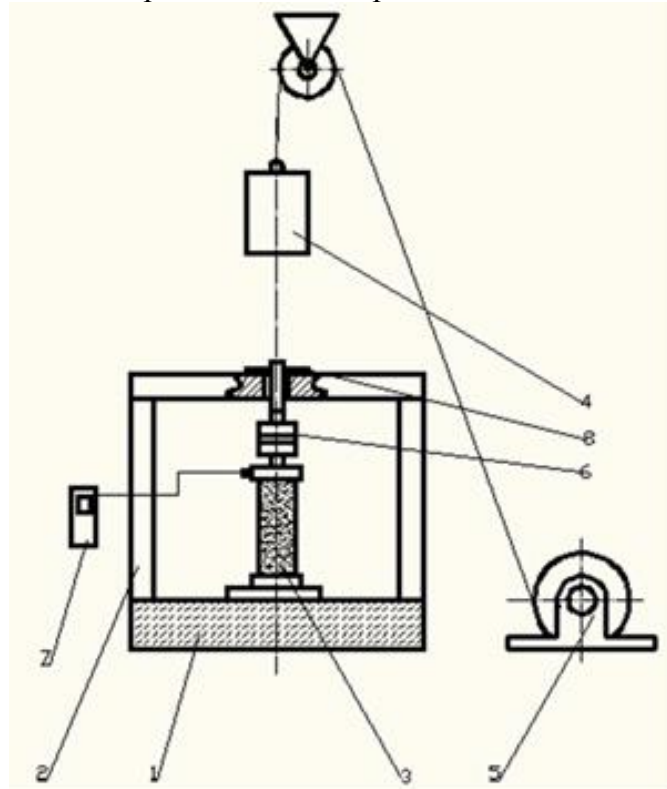
1) Почвите и насипните материали се подлагат на предварителна консолидация или се разрохкват в зависимост от целта на изпитването. Освен това се дренират или не, или се насищат със зададено количество влага.

2) Латексова тънкостенна тръба (маркуч) се вкарва в метална втулка с диаметър 50 мм и височина 100 мм (или в цилиндър с отношение на диаметъра на основата към височината 1:2). Подготвеният, съгласно т. (1) материал се поставя в маркуча, така че плътно да заеме целия обем.

3) Металната втулка се отстранява, така остава латексовия маркуч запълнен с изпитвания материал.

4) Двата края на запълнения с материал маркуч се затварят с капаци.

5) Датчик- преобразувател за ускорение (акселерометри) се закрепва върху страничната повърхност на горния капак на образеца.



**Фиг.1.** Принципна схема на стенд за ударно натоварване, използващ честотен и деформационен метод:  
 1- фундамент; 2- опорна рама; 3- изпитван образец; 4- тежест; 5- лебедка; 6- измерител на сила; 7- виброизмервателна апаратура; 8- демпфиращ пръстен

## 2.2.Изпитване за определяне на коефициента на еластичност.

1) С помощта на хидравлична преса изпитваният образец се натоварва до границата на зоната на еластичната деформация (не повече от 1,5 до 2 мм).

2) Измерват се силата  $P_s$  и големината  $x$  на деформацията.

3) Проверява се дали образецът е възстановил изходните си геометрични размери, ако не е следва, че натоварването е било извършено извън зоната на еластичните деформации и е необходимо да се извърши отново;

4) Отношението на силата към деформацията е коефициента на еластичност  $k$ :

$$(1) \quad k = \frac{P_s}{x}, \text{ N/m}$$

5) Изисквания към хидравличната преса:

- да създава натискови сили до 5 kN;
- да е снабдена с измервателна система за измерване на сили с точност до 100 N;

- да е снабдена с измервателна система за измерване на преместване с точност до 0,01 мм.

### 2.3. Изпитване за определяне на коефициента демпфиране.

Изпитването се провежда на стенд за ударно натоварване – фиг. 1.

1) Изпитваният образец се поставя в камера. Камерата се поставя върху фундамента 1.

2) С помощта на лебедката 5 тежестта 4 се повдига на определена височина  $h$ , зависеща от необходимия импулс, който трябва да се приложи върху образца, посредством буталния прът.

3) Чрез спирачката на лебедката тежестта се освобождава, така че падайки да нанесе удар върху буталния прът.

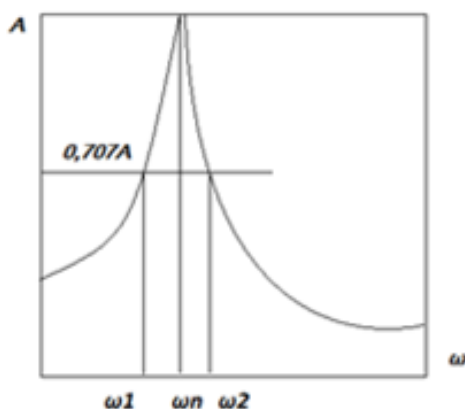
4) Виброизмервателната апаратура 7 записва ускорението при колебателното движение на изпитвания образец.

5) Стендът за ударно натоварване трябва да отговаря на следните изисквания:

- маса на тежестта до 150 kg;
- височина на повдигане до 5 m;
- дебелина на фундамента не по-малко от 1 m;

### 2.4. Обработка на данните от изпитването.

1) Виброускорението, записано от акселерометъра се обработва с програмен продукт MATLAB или LabView, така че да се получи амплитудно-честотната характеристика (АЧХ) – фиг.2 на колебателното движение на образца.



Фиг.2. Амплитудно - честотна характеристика (АЧХ)

2) От АЧХ [2] се определя коефициента на относително демпфиране  $\zeta$  като се използват зависимостите:

$$(2) \quad A(\omega_1) = A(\omega_2) = 0.707A(\omega_n), \quad \zeta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_n}$$

и коефициентът на демпфиране:

$$(3) \quad c = 2\zeta\sqrt{km_s}, \quad \frac{Ns}{m}$$

където  $\omega_n$  е собствената честота на колебанията, съответстваща на максимума на АЧХ, а  $m_s$  е масата на изпитвания образец.

3) Като се има предвид, че  $\omega_n = \sqrt{k/m_s}$  може да се определи коефициента на еластичност  $k$ .

### 3. МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗПИТВАНЕ ПО ЛАБОРАТОРЕН ДЕФОРМАЦИОНЕН МЕТОД

Методиката включва описаните в т.2.1 и т. 2.2. действия, отнасящи се до подготовката на образеца и определянето на коефициента на еластичност.

3.1.Изпитване за определяне на коефициента демпфериране.

Изпитването се провежда на стенд за ударно натоварване (фиг. 1).

1) Изпитваният образец се поставя в камера. Над него се монтира измерителя на сила 7. Камерата се поставя върху фундамента 1.

2) С помощта на лебедката 5 тежестта 4 се повдига на определена височина  $h$ , зависеща от необходимия импулс (енергия на удара), който трябва да се приложи върху образеца, посредством буталния прът.

3) Чрез спирачката на лебедката тежестта се освобождава, така че падайки да нанесе удар върху буталния прът.

4) Виброизмервателната апаратура 7 записва ускорението при колебателното движение на изпитвания образец.

5) Силата на удара се измерва и записва от измерителя на сила 6;

6) Стендът за ударно натоварване трябва да отговаря на следните изисквания:

- маса на тежестта до 150 kg;
- височина на повдигане до 5 m;
- дебелина на фундамента не по- малко от 0.3 m ;

3.2.Обработка на данните от изпитването

1) Ускорението, записано от виброизмервателната апаратура 7 се интегрира с програмен продукт MATLAB, така че да се получи скоростта  $v$  при деформацията.

2) Чрез уравненията 4 и 5 се определя коефициента  $c$  на демпфериране [3,4]:

$$(4) \quad J = \frac{1}{v} \left( \frac{P_s}{P_d} - 1 \right)$$

където  $J$  е коефициент зависещ от вискозното триене

-  $P_s$  е силата при статично натоварване, определена съгласно т.2.2.(2);

-  $P_d$  е силата при динамично натоварване, измерена от силомера 6 (фиг.2);

-  $k$  е коефициентът на еластичност определен съгласно т.2.2.(3). (у-ние 1).

$$(5) \quad c = kxJ, \text{ Ns/m}$$

### 4. ИЗВОДИ

1. На основание на проведено проучване [1], анализиращо приложимостта на различни методи за провеждане на експерименти с цел определяне на динамичните характеристики на почви и насипни материали са избрани лабораторни - честотен и деформационен методи;

3. Представена е оригинална принципна схема на стенд за ударно натоварване, използващ честотен и деформационен метод.

4. Разработени са методики за провеждане на експерименти, на базата на избраните методи и представената опитна уредба на стенд за ударно натоварване.

Представените методики за провеждане на експерименти с цел определяне на динамичните характеристики на почви и насипни материали са част от Научно-изследователски проект по Договор № 146 / 12.04.2018 г. с възложител ВТУ „Т. Каблешков“.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Галина Петкова, Анализ на методите за определяне на динамичните характеристики на строителни машини при взаимодействието им с работната среда, Научно списание "Механика, транспорт, комуникации", София, 2019 г.
- [2] Jens Borg, Andres Engstrom. Dynamic behavior of a soil compaction tamping machine. Master's degree thesis, University of Karlskrona, Sweden, 1997
- [3] Harry M. Coyle, Gary C. Gibson Z. Empirical damping constants for sands and clays. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, <https://vulcanhammer.info/>
- [4] Smith, E. A. L.. Pile Driving Analysis by the Wave Equation. Transactions. ASCE. Val. 127, Proc. Paper 3306, Part I. 1962.

## **EXPERIMENTAL METHODS FOR DETERMINING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF CONSTRUCTION MACHINES IN REACTION WITH WORKING SOILS AND BULK MATERIALS**

**Boris Petkov, Emil Iontchev**  
[borpet@vtu.bg](mailto:borpet@vtu.bg), [e\\_iontchev@yahoo.com](mailto:e_iontchev@yahoo.com)

*Todor Kableshkov University of Transport,  
Sofia, 158 Geo Milev Str.,  
BULGARIA*

**Key words:** *dynamic characteristics, soils, bulk materials, coefficient of elasticity, damping factor.*

**Abstract:** *Laboratory non-standardized methods for determining the dynamic characteristics of bulk materials make it possible to determine the coefficients of elasticity (hardness) of the soil and bulk materials damping factors. The above considerations warrant that laboratory nonstandard - frequency and deformation methods as a basis for the development of a methodology for conducting experiments to determine damping and elasticity of soil and bulk materials are appropriate.*

*In this paper are presented following results:*

*1. Based on a study analyzing the feasibility of different experimentation methods to determine the dynamic characteristics of soils and bulk materials, laboratory-frequency and deformation methods have been selected;*

*2. An original schematic diagram of an impact stress stand using the frequency and deformation method is presented.*

*4. Experimental methodologies have been developed based on the selected methods and the test rig presented for impact loading.*

*The presented methodologies for conducting experiments for determining the dynamic characteristics of soils and bulk materials are part of the research project under contract № 146 / 12.04.2018 with the assignor of the University of Transport "Todor Kableshkov".*