



**ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРУНТА  
ОТВАЛЬНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

**INFLUENCE OF VIBRATIONS DURING THE DEVELOPMENT OF  
THE SOIL**

**Митрушичева Татьяна Юрьевна**, Студент, 2 курс магистратуры, факультет «Дорожные и технологические машины», Московский автомобильно-дорожный институт «МАДИ», Россия, г. Москва

**Антонова Елена Олеговна**, Студент, 1 курс аспирантуры, факультет «Дорожные и технологические машины», Московский автомобильно-дорожный институт «МАДИ», Россия, г. Москва

**Шестопалов Константин Константинович**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Дорожно-строительные машины», Россия, г. Москва

**Mitrushicheva Tatiana Yurievna**, Student, 2nd year of Master's degree, Faculty of "Road and technological machines", Moscow Automobile and Road Institute "MADI", Russia, Moscow

**Antonova Elena Olegovna**, Student, 1st year of postgraduate studies, Faculty of "Road and technological machines", Moscow Automobile and Road Institute "MADI", Russia, Moscow

**Konstantin Konstantinovich Shestopalov**, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Road Construction Machinery, Moscow, Russia

### **Аннотация**

Автор рассматривает влияние вибраций на разные типы грунтов, создаваемых вибрационной установкой на отвале бульдозера. Автор приводит в работе исследования других авторов, на которые опирается. Была рассмотрена система взаимодействия вибрирующего отвала с грунтом в момент столкновения с препятствием. Такая система позволит повысить производительность бульдозера. Предлагаемая модернизация рабочего органа бульдозера сокращает время работы на объекте. В работе рассмотрены различные виды грунтов и мощностные характеристики бульдозера. Также рассмотрена возможность очистки отвала бульдозера от налипания грунта.

### **Annotation**

The author considers the influence of vibrations on different types of soils created by a vibration installation on a bulldozer blade. The author cites studies by other authors on which he relies. The system of interaction of the vibrating blade with the ground at the moment of collision with an obstacle was considered. Such a system will increase the productivity of the bulldozer. The proposed modernization of the working body of the bulldozer reduces the time of work at the facility. The paper considers various types of soils and power characteristics of the bulldozer. The possibility of cleaning the bulldozer blade from soil sticking was also considered.

**Ключевые слова:** рабочий орган, виброустановка, отвал, бульдозер, дорожная техника, вибрации.

**Keywords:** working body, vibration unit, blade, bulldozer, road equipment, vibrations.

Создающиеся при движении машины динамические воздействия как слабые, так и сильные, как однократные, так и многократные (удары, импульсы большой силы и др.) оказывают влияние на свойства связных (глинистых) и несвязных (сыпучих) грунтов. За счет вибраций существенно

уменьшается трение между частицами, что снижает несущую способность грунтов.

Незначительные импульсные воздействия вызывают просадки, а импульсы значительной величины способствуют разрушению структуры грунтов и потере прочностных качеств.

При работе бульдозера с резанием грунта нередко происходит скол большого куска грунта, что приводит к своеобразным нагрузкам. Вследствии чего наблюдается удар с проскальзыванием, что может отрицательно сказываться на состоянии режущего ножа на отвальном рабочем органе, а также и на самой машине. Такие резкие нагрузки могут разрушать сварочные соединения на бульдозере и оказывать воздействие на элементы конструкции ходового механизма, вызывая образование трещин, изгибов.

Устанавливаемая пневматическая вибрационная установка на заднюю часть отвала позволяет управлять типом воздействия на грунт и способствует снижению сопротивления копания, уменьшая нагрузку на гусеничные цепи.

Уменьшение трения при вибрациях в грунтах является основным фактором, влияющим на изменения свойств грунтов. Непосредственными опытами установлено, что, например, конус несвязного песка при сотрясениях принимает совершенно ничтожный угол откоса, как бы растекаясь вследствие потери грунтом сопротивления трению.

В зависимости от типа грунта, времени года и погодных условий есть возможность подобрать нужную частоту вибраций для более эффективной работы бульдозера. Так как от состава и плотности грунта будет зависеть какое у него сопротивление сдвигу.

Главным фактором, который влияет на прочность грунтов можно считать уменьшение сопротивления сдвигу при возникающих вибрациях [1]:

$$\tau = \tau_0 \cdot e^{-\xi \left( \frac{d^2 z}{dt^2} - \frac{d^2 z_0}{dt^2} \right)}, (1)$$

где:  $\tau$  - сопротивление сдвигу ;

$\tau_0$  - сопротивление сдвигу при статических нагрузках;

$\zeta$  - постоянный коэффициент.

Ускорение колебаний при определении величины сопротивлению сдвига должно быть больше начального значения ускорения:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} \geq \frac{d^2 z_0}{dt^2}, (2)$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2}$$

где:  $\frac{d^2 z}{dt^2}$  - ускорение колебаний при данной возмущающей силе,

$$\frac{d^2 z_0}{dt^2}$$

- начальное ускорение, до величины которого не происходит еще изменений сопротивления сдвигу.

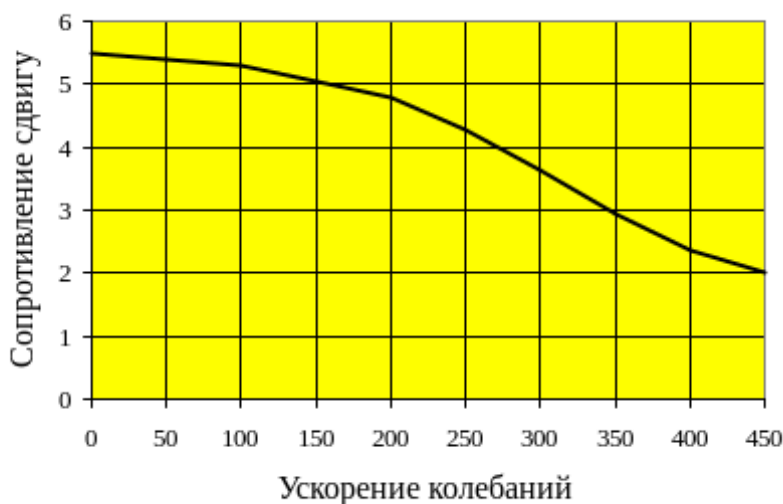


Рис. 1. Зависимость сопротивления грунта сдвигу [Н/см<sup>2</sup>] от ускорения колебаний [см/сек<sup>2</sup>]

Основываясь на опыте Ершова В.А. и Се-Дин была установлена линейная зависимость, в которой начальное ускорение зависит от величины внешнего давления на грунт. В этот момент не изменяется сопротивление грунту сдвигу, так как не превышаются структурные связи в точках контакта грунтовых частиц.

Коэффициент вибровязкости можно охарактеризовать вибровязкостью грунтов в котором величины различны в зависимости от типа грунта и зависит от ускорения колебаний [1]:

$$m \cdot n^a = b, (2)$$

где:  $m$  - коэффициент вибровязкости, Н·сек/см<sup>2</sup>;

$n$  - отношение ускорения колебаний к ускорению силы тяжести;

$a, b$  - эмпирические коэффициенты.

Исходя из поставленных опытов можно считать, что работа бульдозера при разработке грунта будет упрощена, благодаря вибрационной остановке, которая сможет снизить сопротивление грунта сдвигу.

В результате анализа литературы было установлено, что можно провести дополнительные исследования с виброустановкой, которые позволят уточнить поведение отвала в момент столкновения с препятствием.

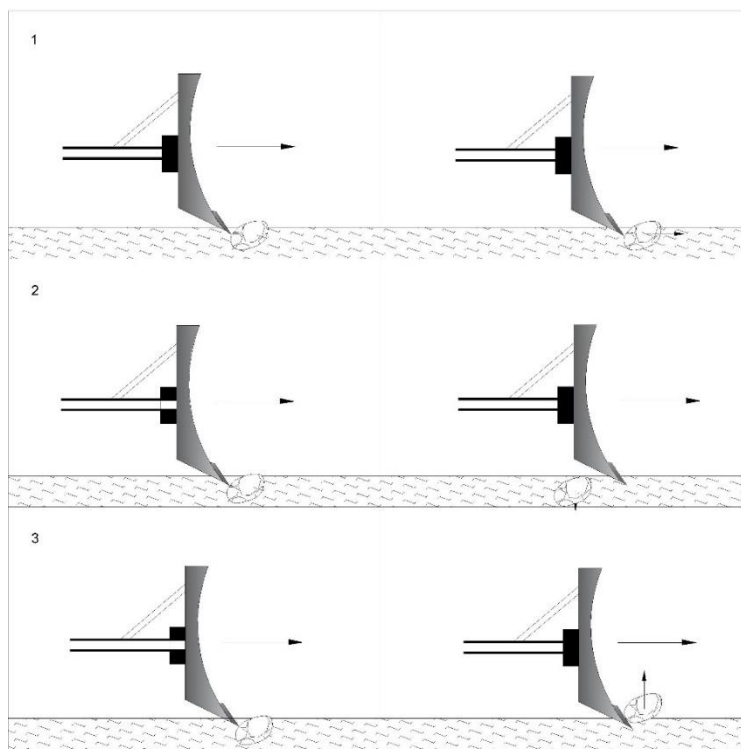


Рис. 2. Взаимодействие вибрирующего отвала с грунтом в момент столкновения с препятствием: 1 – волочение уплотненного грунта, 2 – смещение уплотненного грунта за счет вибрации вниз, 3 - смещение уплотненного грунта за счет вибрации вверх по отвалу

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Так на рисунке 2 представлено взаимодействие вибрирующего отвала с грунтом в момент столкновения с препятствием и возможные траектории препятствия при различной работе отвального рабочего органа.

При определенной частоте колебаний трение в сыпучих грунтах настолько уменьшается, что грунты становятся подобными жидкостям, а внутреннее трение их близко к нулю. Так, например, опыт показывает, что если мелкопесчаный грунт подвергать вибрациям, то при определенной частоте колебаний даже сухой песок может принять текучее состояние, причем не отличающееся от состояния тяжелой жидкости. Вибрации, создаваемые на отвале, помогают подкопать крупные частицы грунта или же заглубить их в грунт за счет низкого сопротивления сдвига. Если на поверхность песка, насыпанного в ящик, положить тяжелый груз и привести ящик в состояние сильных вынужденных колебаний, то груз начнет тонуть в песке и спустя некоторое время окажется на дне ящика.

Вынужденные колебания, создаваемые на отвале, помогают облегчить работу бульдозера и повышают проходимость при планировании территории за счет разрушения несущей способности грунтов. При высокой частоте вибрирования отвального рабочего органа, пагубное влияние на жизнь водителя оно не оказывает.

Вибрационная установка так же способствует избавлению налипшего грунта на рабочем органе бульдозера, что позволяет ускорить работу машины и сократить время нахождения машины на объекте.

Данная модернизация поможет увеличить срок службы бульдозера и его рабочего органа, стирание ножа на отвале значительно будет сокращено за счет облегчения прохождения бульдозера на объекте.

### **Список литературы:**

1. Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина: [Электронный ресурс]. URL: <https://megalektsii.ru/> (дата обращения: 04.04.2022).

2. М.А. Нагайка. Исследование рабочего процесса вибрационного глубокорыхлителя//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2015г.
3. Е.В. Фальковский. Обоснование параметров виброоборудования с гидроприводом для закрепления слабых грунтов//библиотека диссертаций, 2004г.
4. Азбель Г.Г., Трофимов В.Е. Исследование процесса регулирования статического момента массы дебалансов вибровозбудителя // Рациональная технология производства специальных строительных работ: Сб.научлр./ ВНИИГС. Л., 1991. - С.24-31.
5. Дидух Б.И., Трифионов-Яковлев Д.А. Динамика глубинного вибратора в ограниченном объеме водонасыщенного грунта или бетонной смеси. "Расчет и проектирование строительных конструкций и сооружений". М., 1982 г., с. 7-13.
6. Верстов В.В., Перлей Е.М., Гольденштейн И.В. Отечественный высокоэффективный вибропогружатель для выполнения специальных работ в грунтах // Механизация стр-ва,2000,№ 9 С.2-5.

**List of literature:**

1. Gubkin Russian State University of Oil and Gas: [Electronic resource]. URL: <https://megalektsii.ru> / (date of reference: 04.04.2022).
2. М.А. Nagaika. Investigation of the working process of a vibrating deep-loader//Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2015.
3. E.V. Falkovsky. Substantiation of parameters of vibration equipment with hydraulic drive for fixing weak soils//Library of dissertations, 2004.
4. Azbel G.G., Trofimov V.E. Investigation of the process of regulating the static moment of the mass of the vibration exciter debalances // Rational technology of production of special construction works: Collection of scientific works/ VNIIGS. L., 1991. - pp.24-31.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

5. Didukh B.I., Trifonov-Yakovlev D.A. Dynamics of a deep vibrator in a limited volume water-filled soil or concrete mix. "Calculation and design of building structures and structures". Moscow, 1982, pp. 7-13.
6. Verstov V.V., Perley E.M., Goldenstein I.V. Domestic highly efficient vibration loader for performing special work in soils // Mechanization of the page, 2000, No. 9, pp. 2-5.

© Митрушичева Т.Ю., Антонова Е.О., Шестопапов К.К., 2022  
*Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2022*

**Для цитирования:** Митрушичева Т.Ю., Антонова Е.О., Шестопапов К.К.  
ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРУНТА ОТВАЛЬНЫМ  
РАБОЧИМ ОРГАНОМ// Международный журнал прикладных наук и  
технологий "Integral" №4/2022