

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-2-5-9

УДК 625.084

ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ДЕФОРМИРУЕМОЙ ГРУНТОВОЙ СРЕДЕ ПРИ ВИБРОУПЛОТНЕНИИ

EXPEREMENTAL RESEARCHES OF “ACTIVE AREA” OF THE DEFORMABLE ENVIRONMENT AT VIBRATING CONSOLIDATION

Савельев Сергей Валерьевич,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: saveliev_sergval@mail.ru
Sergey V. Saveliev, Dr. Sc. in Engineering, professor,

Бурый Григорий Геннадьевич,

канд. техн. наук, доцент, e-mail: coshperovsky@mail.ru
Grigory G. Buryy, C. Sc. in Engineering, Associate Professor,

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 644080, Омск,
пр-т Мира, 5

Siberian State Automobile and Highway University (SibAHU), 644080, Omsk, Prospect Mira, 5

Аннотация:

В данной статье описаны исследования распространения виброволн в обрабатываемом грунте от рабочего органа вибрационного катка при выполнении технологической операции дорожного строительства – уплотнение грунтов земляного полотна. Цель исследований заключается в повышении эффективности обработки грунтовых сред при строительстве автодорог. Результаты исследований позволили получить зависимости затухания виброускорений, возникающих в грунте на различном расстоянии и глубине от уплотняющей машины. Уточнены механизмы определения “присоединенной массы” колеблющегося грунта на разных частотных режимах, которые необходимы для обоснования рациональных параметров уплотняющих машин.

Ключевые слова: Уплотнение, обрабатываемая среда, грунт, вибрационный каток, исследования.

Abstract:

This article describes the study of the propagation of vibration waves in the treated soil from the working body of the vibration roller during the technological operation of road construction - compaction of the subgrade soils. The purpose of the research is to improve the efficiency of soil treatment in the construction of highways. The research results made it possible to obtain the dependences of the damping of vibration accelerations occurring in the soil at different distances and depths from the compaction machine. The mechanisms for determining the "added mass" of vibrating soil at different frequency modes, which are necessary to substantiate the rational parameters of compacting machines, have been clarified.

Key words: Compaction, processed environment, soil, vibration roller, research.

Актуальность: Повышение эффективности процесса уплотнение дорожно-строительных материалов требует проведения анализа физических процессов, происходящих внутри обрабатываемой среды. Использование различных типов уплотняющих машин позволяет достигать различного эффекта для того или иного типа грунта на разных этапах его уплотнения [1]. Задачей

исследований является разработка методики обоснования параметров дорожных катков при уплотнении грунтовых насыпей для повышения эффективности строительства автодорог, что является актуальным при развитии транспортной инфраструктуры любого государства.

При вибрационном воздействии на грунтовую среду возникают упругие волны, которые



Рисунок 1 - Изучение тенденции распространения вибрации на поверхности уплотняемого грунтового слоя

Figure 1-Study of the trend of vibration propagation on the surface of the compacted soil layer

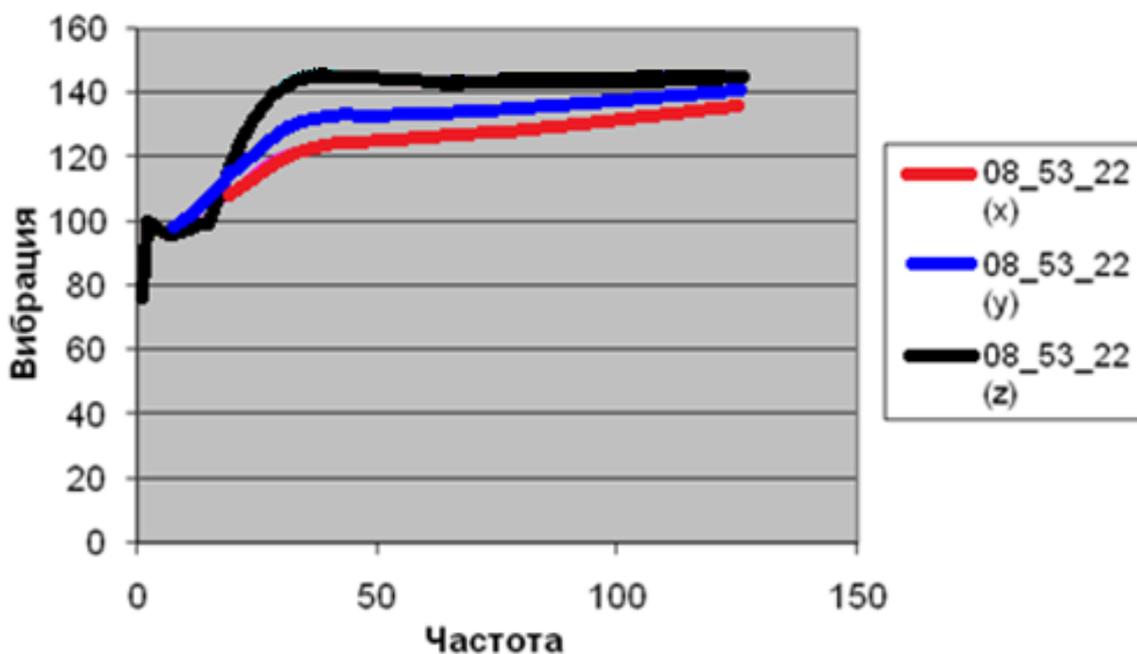


Рисунок 2 - Зависимости виброускорений от частоты колебаний вибровозбудителя на поверхности грунтового слоя (пример файла)

Figure 2-The dependence of the vibration acceleration on the vibration frequency of the exciter on the surface of the ground layer (example file)

подразделяются по виду деформаций: продольные, поперечные и поверхностные. По характеру распространения эти волны можно разделить на прямые, отраженные и преломленные /1, 2/. Область их интенсивного распространения в обрабатываемой среде представляет значительный практический интерес. Именно эта область является тем объёмом грунта, который интенсивно воспринимает уплотняющую динамическую нагрузку. Определение объёма и массы этой области – «присоединённой грунтовой массы» является необходимой задачей при расчёте рациональных режимов работы любой виброуплотняющей машины /3, 4, 5/.

Цель работы: Выявление области грунта, охватываемой вибрацией, создаваемой

уплотняющей машиной является актуальной задачей и один из путей её решения - проведение экспериментальных исследований с использованием современного оборудования.

Методы исследования: В «СибАДИ» был проведен ряд экспериментальных исследований. Проводилась укатка слоя грунта толщиной до 0,5 м вибрационным катком. Регулировалась частота колебаний вибровозбудителя на различных этапах уплотнения. Изучались значения виброускорений и амплитуд колебаний в уплотняемом грунте, тенденции их затухания в зависимости от удалённости от источника виброуплотнения, а также направление распространения вибрации от поверхности по глубине уплотняемого слоя.

В первую очередь исследовалась тенденция



Рисунок 3 - Определение тенденции распространения виброволн в вертикальной плоскости
грунтового слоя
Figure 3-Determination of the vibration wave propagation trend in the vertical plane of the soil layer

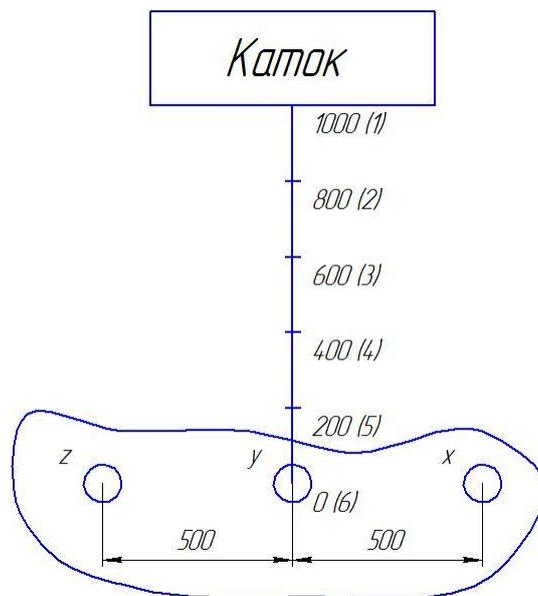
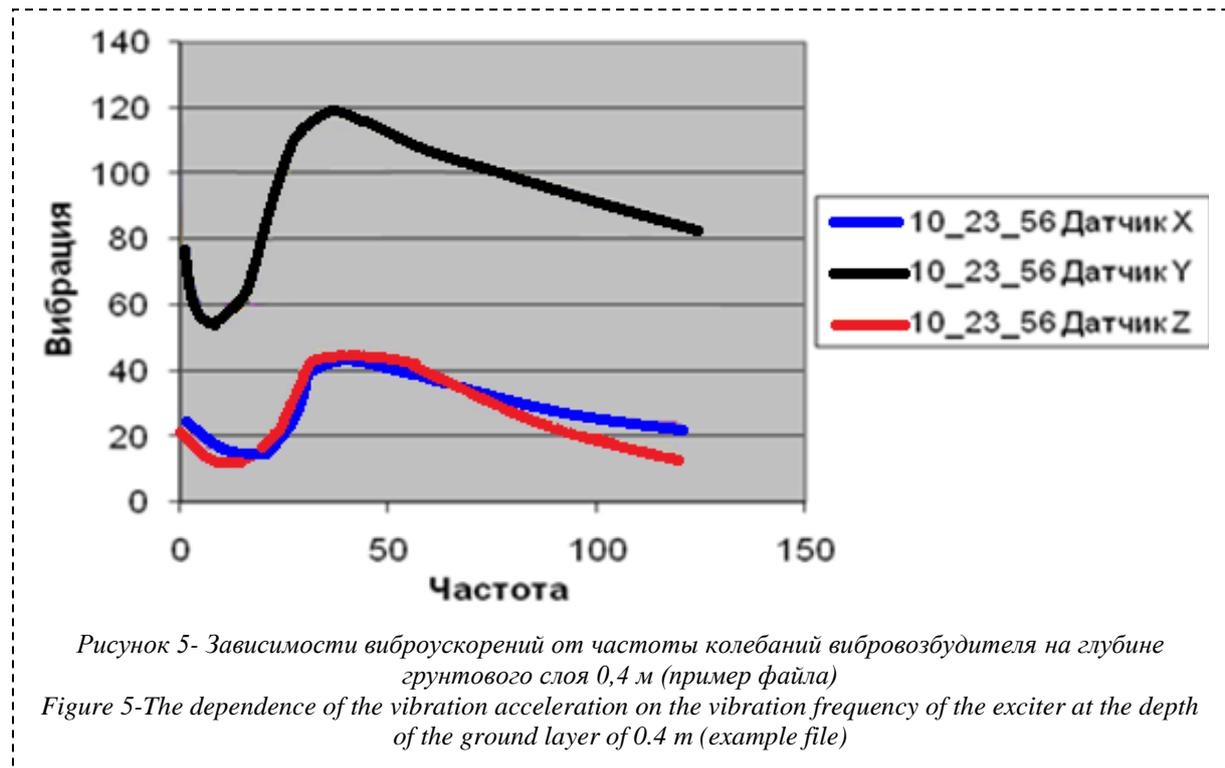


Рисунок 4 – Схема расположения датчиков и точек измерения параметров вибрации при движении
катка по грунтовому слою
Figure 4-Diagram of the location of sensors and points for measuring vibration parameters when the roller
moves along the ground layer

распространения волн по поверхности обрабатываемого грунтового слоя. На поверхность грунта устанавливался трёхосевой датчик-акселерометр (рисунок 1). Датчик крепился на металлической пластине, для более полного соприкосновения с уплотняемой поверхностью грунта, таким образом исследовались значения распространения виброускорений по

ортогональным осям: X, Y, Z.

Регистрировались вибрационные возмущения, измерялись значения виброускорений на поверхности грунтового слоя на разном расстоянии от вибровальца. Исследования проводились для различных частот вибровозбудителя, данные фиксировались в виде файлов в памяти виброизмерителя «Экофизика».



Осуществлялся предварительный контроль плотности уплотняемого суглинистого грунта методом режущих колец. По результатам проведённых опытов, были получены графические зависимости значений виброускорений в разных точках поверхности от частоты вибровозбудителя катка (рисунок 2). Анализ зависимостей показывает, что наиболее интенсивно вибрация распространяется в отношении вертикальной оси Z, несколько менее интенсивно в направлении продольной оси Y и наименее интенсивно в направлении поперечной оси X.

Следующим этапом исследований решалась задача по определению «активной зоны» колебаний грунта в вертикальной плоскости. По сути, изучалась глубина затухания вибрации под рабочим органом катка, что является крайне важным фактором для процесса уплотнения. Определялся такой технологический параметр, как рекомендуемая толщина уплотняемого грунтового слоя. На рисунке 3 представлена схема заложения датчиков-акселерометров при определении тенденции затухания виброволн в вертикальной плоскости грунтового слоя. Исследования проводились при размещении датчиков-акселерометров в грунте под вибрационным вальцом на глубине 0,3 м, 0,45 м, 0,6 м. Менялись частоты вибровозбудителя, фиксировались изменения амплитуд и виброускорений в зависимости от глубины расположения датчиков.

Полученные данные записывались в память прибора для дальнейшей обработки.

Следующим этапом изучались тенденции распространения вибрации в уплотняемом слое от рабочего органа катка в горизонтальной плоскости на определённой глубине грунтового массива. Датчики закладывались в соответствии на глубине 0,4 м. Рабочий орган уплотнителя удалялся от места заложения датчиков согласно представленной схеме – рисунку 4. На данном этапе исследовались параметры вибрации грунта на различных частотах воздействия грунтовый слой при недоуплотнённом состоянии $k_y=0,96$, а так же при плотности $k_y=0,98$. На рисунке 5, представлена графическая интерпретация результатов исследований

Результаты: Анализируя полученные данные можно определить не только рациональные частотные режимы работы вибровозбудителя, но и сделать вывод о распространении упругих волн от источника вибрации по объёму уплотняемого грунта, т. е. определится «присоединённая» масса грунта, активно взаимодействующая с уплотнителем. Зная рациональные частоты обработки материала и значения «присоединённой» массы появляется возможность обоснования энергоэффективных режимов обработки дорожно-строительных материалов /6, 7/.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле/ С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер; под ред. Э. И. Григолоука; пер. с англ. Л. Г. Корнейчука. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
2. Блехман И.И. Вибрационное перемещение/ И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе. – М.: Наука, 1964. – 410 с.
3. Варганов С.А. Машины для уплотнения грунтов и дорожно-строительных материалов/ С.А. Варганов, Г.С. Андреев. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
4. Доценко, А. И. Машины для земляных работ: учебник для вузов/ А.И. Доценко, Г.Н. Карасев, Г.В. Кустарев, К.К. Шестопапов. – М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2012. – 688 с.
5. Пермяков В. Б. Савельев С. В., Михеев В.В., Потеряев И. К. Инновационная уплотняющая техника и рекомендации по её использованию для ресурсосберегающих технологий дорожного строительства (электронный ресурс): монография -Омск: СибАДИ, 2019. 193 с.
6. Савельев С. В., Бурый Г.Г. Алгоритм определения параметров вибрационных катков, учитывая массу уплотняемого грунта в зоне активного действия вибрации \ Избранные доклады II международной научной конференции студентов и молодых учёных «Молодёжь, наука, технологии: новые идеи и перспективы»16- 20 ноября 2015 г. Томск. – Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та. 2016 г.С 327 – 332.
7. Saveliev, S.V., Mikheyev, V.V., Permyakov, V.B.Complex approach to the optimal energy efficient work pattern for vibratory rollerJournal of Physics: Conference Series 1260(11),112020. 2019.

REFERENCES

1. Timoshenko S. P. Kolebaniya v inzhenernom dele/ S. P. Timoshenko, D. KH. Yang, U. Uiver; pod red. E. I. Grigolyuka; per. s angl. L. G. Korneychuka. – M.: Mashinostroyeniye, 1985. – 472 s.
2. Blekhman I.I. Vibratsionnoye peremeshcheniye/ I.I. Blekhman, G.YU. Dzhanelidze. – M.: Nauka, 1964. – 410 s.
3. Varganov S.A. Mashiny dlya uplotneniya gruntov i dorozhno-stroitel'nykh materialov/ S.A. Varganov, G.S. Andreyev. – M.: Mashinostroyeniye, 1981. – 240 s.
4. Dotsenko, A. I. Mashiny dlya zemlyanykh работ: uchebnyk dlya vuzov/ A.I. Dotsenko, G.N. Karasev, G.V. Kustarev, K.K. Shestopalov. – M.: Izdatel'skiy Dom «BASTET», 2012. – 688 s.
5. Permyakov V. B. Savel'yev S. V., Mikheyev V.V., Poteryayev I. K. Innovatsionnaya uplotnyayushchaya tekhnika i rekomendatsii po yeyo ispol'zovaniyu dlya resursosberegayushchikh tekhnologiy dorozhnogo stroitel'stva (elektronnyy resurs): monografiya -Omsk: SibADI, 2019. 193 s.
6. Savel'yev S. V., Buryy G.G. Algoritm opredeleniya parametrov vibratsionnykh katrov, uchityvaya massu uplotnyayemogo grunta v zone aktivnogo deystviya vibratsii \ Izbrannyye doklady II mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov i molodykh uchonykh «Molodozh', nauka, tekhnologii: novyye idei i perspektivy»16- 20 noyabrya 2015 g. Tomsk. – Izd-vo Tomsk. gos. arkhит.-stroit. un-ta. 2016 g.S 327 – 332.
7. Saveliev, S.V., Mikheyev, V.V., Permyakov, V.B.Complex approach to the optimal energy efficient work pattern for vibratory rollerJournal of Physics: Conference Series 1260(11),112020. 2019.

Поступило в редакцию 06.03.2021

Received 06 March 2021