DOI: 10.17117/na.2016.09.01.403

<http://ucom.ru/doc/na.2016.09.01.403.pdf>

Поступила (Received): 24.09.2016

Зеньков С.А., Минеев Д.А. Анализ возможного применения высокочастотного воздействия для снижения налипания грунта на рабочие органы землеройных машин

Zenkov S.A., Mineev D.A.
**Analysis of the possible use of high-frequency impact to reduce
soil buildup on the working bodies of earth-moving machinery**

В данной статье рассматривается применение пьезокерамических излучателей для борьбы с адгезией грунтов к рабочим органам землеройных машин. Также был выполнен эксперимент, и получены экспериментальные данные. После обработки были получены закономерности и показана графическая интерпретация влияния пьезокерамических излучателей. В дальнейшем были сделаны выводы, что применение пьезокерамических преобразователей более выгодно с точки зрения компактности и равномерности расположения по поверхности рабочего органа чем, к примеру, использование существующих на данный момент средств для обогрева ковша или вибрационного воздействия

Ключевые слова: пьезокерамика, излучатель, адгезия, землеройная машина, грунт

Зеньков Сергей Алексеевич

Кандидат технических наук, доцент
Братский государственный университет
г. Братск, ул. Макаренко, 40

Минеев Дмитрий Андреевич

Студент
Братский государственный университет
г. Братск, ул. Макаренко, 40

In this article application of piezoceramic radiators for fight against adhesion of soil to working bodies of digging machines is considered. Also experiment was executed, and experimental data are obtained. After processing regularities were received and graphic display of use of piezoceramic radiators is constructed. Further conclusions that use of piezoceramic converters more useful from the point of view of compactness and uniformity of an arrangement on surfaces of working body than, for example, use of means existing at present for heating of a ladle or vibration influence are drawn

Key words: piezoelectric, oscillator, adhesion, digging machine, soil

Zenkov Sergey Alekseevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Bratsk state university
Bratsk, Makarenko st., 40

Mineev Dmitry Andreevich

Student
Bratsk state university
Bratsk, Makarenko st., 40

При разработке влажных грунтов землеройными машинами, особенно при отрицательной температуре, примерзание грунтов к рабочим органам существенно снижает производительность машин [1-3]. Известны четыре группы методов устранения адгезии грунтов к поверхностям рабочих органов землеройных машин [4]: методы, создающие на границе контакта промежуточный

слой [5-9]; методы, способствующие ослаблению адгезионных связей за счет внешнего (интенсифицирующего) воздействия [10-16]; конструкторско-технологические методы; комбинированные методы [17-30]. Установлено, что наиболее эффективными являются комбинированные методы, сочетающие в себе достоинства двух и более методов и, в частности, вибротепловой [26].

Теоретические и экспериментальные исследования [31], показали возможность использования в экспериментах натурального грунта без изменения его физико-механических характеристик. При этом акустические и теплофизические характеристики грунта также остаются неизменными, соответствующими натурным. В статье рассматривается применение высокочастотного воздействия, относящегося к комбинированным методам (сочетание высокочастотной вибрации и нагрева).

Рис. 1. Схема лабораторного стенда: 1 – пьезокерамический преобразователь; 2 – имитатор ковша экскаватора; 3 – грунтовый образец

Таблица 1. Основные параметры пьезокерамического преобразователя

Тип преобразователя	ПП1-0,063/37
Электрическая мощность, кВт	0,063
Резонансная частота, кГц	37±7,5%
Амплитуда механических колебаний, мкм	1,5
Габаритные размеры, мм	Ш 50х60
Диаметр излучателя, мм	50

Эксперименты проводились на лабораторном стенде при различной температуре окружающей среды (-10°C, -15°C, -20°C). Для испытаний был взят грунт суглинок дисперсный, связный, различной весовой влажности (7,5%; 12,5%; 17,5%).

Суть эксперимента заключается в следующем (см. рис. 1): грунтовый образец 3 определенной весовой влажности устанавливался на имитатор ковша экскаватора 2 с установленным на нем пьезокерамическим преобразователем 1 и замораживался при определенной температуре в течение периода времени от 5 до 15 минут. По истечении этого времени излучатель включался и замерялось время, через которое грунтовый образец отрывался от имитатора.

Уровни и интервалы варьирования факторов определены на основе анализа априорной информации. Матрица планирования экспериментальных

исследований в кодированном виде и полученные результаты эксперимента представлены в табл. 2 [32].

Таблица 2. Матрица планирования и результаты эксперимента

№ опыта	X ₁	X ₂	Y, с
1	-	-	17
2	+	-	15
3	-	+	30
4	+	+	40
5	-	-	19
6	+	-	17
7	-	+	47
8	+	+	37
9	0	-	9
10	0	+	30
11	-	0	28
12	+	0	29
13	0	0	12

Нахождение неизвестных коэффициентов уравнения производилось с помощью программного комплекса ModelNR.

В результате были получены уравнения регрессии времени момента отрыва грунта от: весовой влажности грунта

$$y = 11.05 - 4X_1 + 10.67X_1^2 \quad y = 11.05 - 4X_1 + 10.67X_1^2 \quad \text{— при } t^{\text{окр.}} \text{ среды } -20^{\circ}$$

$$y = 15.88 - 4.5X_1 + 10.67X_1^2 \quad \text{— при } t^{\text{окр.}} \text{ среды } -15^{\circ}$$

$$y = 24.05 - 5X_1 + 10.67X_1^2 \quad \text{— при } t^{\text{окр.}} \text{ среды } -10^{\circ}$$

времени примерзания грунта

$$y = 31.05 - 6X_2 + 1.67X_2^2 \quad \text{— при } t^{\text{окр.}} \text{ среды } -20^{\circ}$$

$$y = 15.88 - 6.5X_2 + 1.67X_2^2 \quad y = 15.88 - 6.5X_2 + 1.67X_2^2 \quad \text{— при } t^{\text{окр.}} \text{ среды } -15^{\circ}$$

$$y = 22.05 - 7X_2 + 1.67X_2^2 \quad y = 22.05 - 7X_2 + 1.67X_2^2 \quad \text{— при } t^{\text{окр.}} \text{ среды } -10^{\circ}$$

На рис. 2, 3 показана графическая интерпретация уравнений регрессии, полученных после математической обработки результатов эксперимента с помощью программы AdvancedGrapher.

По данному графику можно сделать вывод о том, что для отрыва грунтового образца, по окончании периода примерзания 15 мин, от поверхности имитатора ковша экскаватора с весовой влажностью 7,5% не зависимо от температуры окружающей среды требуется наибольшее время воздействия преобразователя, т.к. в грунте малое количество воды и образец не только примерзает к металлу, а также происходит прилипание, в связи с чем необходимо большее количество энергии для подсушивания грунта в месте контакта с металлом. Для грунта с весовой влажностью 17,5% необходимо немного меньше времени воздействия преобразователя, т.к. у более влажных грунтов прочность примерзания грунта к металлу обуславливается прочностью льда, а, как известно [21], при термоакустическом воздействии на замороженный грунт в первую очередь происходит разрушение льда, содержащегося в грунте.

Рис. 2. График зависимости времени отрыва грунта от весовой влажности грунта при $t_{окр.}$ среды -200 (1); -150 (2); -100 (3)

На графике также видно, что для грунта с весовой влажностью 12,5% необходимо наименьшее время воздействия, т.к. воды в грунте еще не достаточно для прочного примерзания к металлу, но уже не происходит процесс прилипания грунта, т.к вода замерзает быстрее.

Рис. 3. График зависимости времени отрыва грунта от времени примерзания грунта при $t_{окр.}$ среды -200 (1); -150 (2); -100 (3)

По данному графику можно сделать вывод о том, что при температуре окружающей среды понижающейся от -10^0 до -20^0 (грунтовой образец с весовой влажностью, равной 17,5%, соответствует естественной влажности для данного типа грунта), с увеличением времени примерзания, увеличивается продолжительность воздействия преобразователя для отрыва образца от имитатора. Данный факт обуславливается тем, что при отрицательной температуре время замерзания воды в грунтовой образце прямо пропорционально понижению температуры окружающей среды.

Техническая производительность экскаватора с устройством интенсифицирующего действия для снижения адгезии грунтов при работе на влажных грунтах при отрицательной температуре в 1,2...1,4 раза больше [2], чем у экскаваторов, не оборудованных подобным устройством, т.е. экономический эффект от их внедрения обусловлен повышением производительности. Поэтому можно говорить о целесообразности применения пьезокерамических преобразователей для снижения адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин.

Список используемых источников:

1. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В. Теоретические предпосылки повышения производительности экскаваторов при устранении адгезии грунта к ковшу // *Механики XXI века*. 2006. № 5. С. 79-81.
2. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В., Диппель Р.А. Анализ структуры рабочего органа ковшового типа с устройством внешнего интенсифицирующего воздействия для снижения адгезии грунта // *Механики XXI века*. 2005. № 4. С. 49-52.
3. Rajaram G., Erbach D.C. Effect of wetting and drying on soil physical properties. // *Journal of Terramechanics* 36 (1999) P. 39-49.
4. Заднепровский Р.П. Рабочие органы землеройных и мелиоративных машин и оборудования для разработки грунтов и материалов повышенной влажности. М.: Машиностроение, 1992. 176 с.
5. Зеньков С.А., Булаев К.В., Батуро А.А. Планирование эксперимента для определения влияния жидкостного слоя на сопротивление сдвигу грунта по металлической поверхности при отрицательной температуре // *Механики XXI века*. 2006. № 5. С. 84-87.
6. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А. Применение полимерных противоналипающих листов для снижения адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин // *Механики XXI века*. 2010. № 9. С. 112-114.
7. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Игнатьев К.А., Кожевников А.С. Неметаллические покрытия как профилактическое средство снижения адгезии на отвальных рабочих органах землеройных машин // *Труды Братского государственного университета*. 2013. Т. 2. С. 30-35.
8. Зеньков С.А., Плеханов Г.Н., Балахонов Н.А., Чубыкин А.С. Оборудование для определения влияния жидкостного промежуточного слоя на адгезию грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // *Вестник Таджикского технического университета*. 2014. Т. 2. № 26. С. 28-32.
9. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Чубыкин А.С., Кожевников А.С. Анализ применения жидкостного промежуточного слоя для снижения адгезии грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // *Труды Братского государственного университета*. 2014. Т. 1. С. 189-195.
10. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Баев А.О., Дрюпин П.Ю. Определение мест установки электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // *Труды Братского государственного университета*. 2014. Т. 1. С. 195-202.
11. Зеньков С.А., Игнатьев К.А., Филонов А.С., Балахонов Н.А. Определение рациональных параметров оборудования теплового действия к рабочим органам землеройных машин для разработки связных грунтов // *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2013. Т. 2. № 2с (71). С. 124-129.
12. Зеньков С.А., Жидовкин В.В., Ничаев А.Н., Курмашев Е.В. Применение оборудования теплового воздействия для снижения адгезии грунтов // *Механики XXI века*. 2010. № 9. С. 129-132.
13. Зеньков С.А., Игнатьев К.А., Филонов А.С. Эффективность гибких нагревательных элементов для борьбы с адгезией грунтов к землеройным машинам // *Труды Братского государственного университета*. 2013. Т. 1. С. 134-137.
14. Зеньков С.А., Игнатьев К.А., Филонов А.С., Банщиков М.С. Исследование влияния теплового воздействия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин // *Механики XXI века*. 2013. № 12. С. 228-232.
15. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Кутимский Г.М. Использование электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // *Механики XXI века*. 2014. № 13. С. 156-160.

16. Зеньков С.А., Диппель Р.А., Булаев К.В., Батуро А.А. Планирование эксперимента по исследованию влияния параметров теплового воздействия на сопротивление сдвигу грунта // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 52-56.
17. Зенков С.А., Ереско С.П. Моделирование процесса копания грунта вибрирующим ковшовым рабочим органом при отрицательной температуре // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 12. С. 44-49.
18. Зеньков С.А. Методика расчета оборудования с акустическим воздействием для снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. № 2-1 (26). С. 67-72.
19. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Определение параметров вибрационного оборудования к ковшам экскаваторов для снижения адгезии грунтов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2009. № 89-2. С. 90-94.
20. Зеньков С.А., Игнатъев К.А., Филонов А.С. Применение пьезокерамических трансдюсеров для снижения адгезии при разработке связных грунтов // Вестник Таджикского технического университета. 2013. № 4 (24). С. 17-22.
21. Зеньков С.А., Игнатъев К.А. Влияние ультразвукового воздействия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 2. С. 43-45.
22. Зеньков С.А., Игнатъев К.А., Филонов А.С., Балахонов Н.А. Устранение налипания грунта на рабочие органы землеройных машин с использованием пьезокерамических излучателей // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2013. Т. 1. С. 64-72.
23. Зеньков С.А., Батуро А.А. Комбинированное устройство снижения адгезии грунта к ковшу экскаватора // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 76-78.
24. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А. Снижение адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин при помощи высокочастотного воздействия // Труды Братского государственного университета. 2011. Т. 2. С. 88-92.
25. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А., Зеньков А.С. Устранение адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин при помощи ультразвукового воздействия // Механики XXI века. 2011. № 10. С. 146-148.
26. Зеньков С.А., Игнатъев К.А., Филонов А.С. Планирование эксперимента по применению пьезокерамических излучателей для борьбы с адгезией грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механики XXI века. 2012. № 11. С. 399-402.
27. Зеньков С.А., Товмасын Э.С. Математическая модель для определения параметров оборудования высокочастотного действия при проектировании ковшей экскаваторов // Современные проблемы теории машин. 2014. № 2. С. 41-44.
28. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Красавин О.Ю. Анализ повышения производительности экскаваторов при использовании пьезокерамических трансдюсеров // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 4. С. 38-41.
29. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Анализ возможного повышения производительности экскаваторов при термоакустическом воздействии для устранения адгезии грунта к ковшу // Труды Братского государственного университета. 2008. № 2. С. 137-140.
30. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Игнатъев К.А. Пьезокерамические излучатели на ковшах экскаваторов для борьбы с налипанием грунтов // Аспирант. 2015. № 3 (8). С. 26-30.
31. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. М., Машиностроение, 1994. 432 с.
32. Баловнев В.И., Завадский Ю.В., Мануйлов В.Ю. Применение математической теории планирования эксперимента при исследовании дорожных машин. М., МАДИ, 1985. 104 с.

© 2016, Зеньков С.А., Минеев Д.А.

Анализ возможного применения высокочастотного воздействия для снижения налипания грунта на рабочие органы землеройных машин

© 2016, Zenkov S.A., Mineev D.A.

Analysis of the possible use of high-frequency impact to reduce soil buildup on the working bodies of earth-moving machinery