DOI: 10.17117/na.2015.12.02.079

Поступила (Received): 24.12.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.079.pdf>**Зеньков С.А.****Эффективность теплового воздействия для
снижения адгезии грунта к машинам****Zenkov S.A.****The effectiveness of heat exposure in order to
reduce the adhesion of soil to the machines**

В статье оценивается эффективность работы оборудования теплового воздействия для снижения адгезии грунта. Оценка эффективности применения на рабочих органах устройств интенсифицирующего действия для снижения адгезии грунта при отрицательной температуре определялась с помощью коэффициента эффективности. Показано, что эффект от теплового воздействия при примерзании, снижает прочность смерзания в среднем в 12,5 раза

Ключевые слова: коэффициент эффективности, тепловое воздействие, адгезия грунта

Зеньков Сергей Алексеевич

Кандидат технических наук, доцент

Братский государственный университет

г. Братск, ул. Макаренко, 40

The article assesses the effectiveness of the equipment to reduce the impact of thermal adhesion primer. Evaluating the effectiveness of the devices on the working bodies of intensifying actions to reduce the adhesion of soil with a negative temperature coefficient was determined by the effectiveness shown that the effect of heat exposure during freezing, reduces the strength smerzaniya an average of 12.5 times

Key words: coefficient of efficiency, thermal effects, adhesion of soil

Zenkov Sergey Alexeevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Bratsk state university

Bratsk, Makarenko st., 40

При разработке и транспортировании влажных грунтов и материалов производительность строительных и дорожных машин снижается. Это происходит вследствие налипания и намерзания влажных грунтов и материалов на рабочие поверхности машин и увеличения силы трения. Поэтому в последнее время проблеме борьбы с налипанием и намерзанием грунта к рабочим органам землеройных машин уделяется большое внимание как у нас в России, так и за рубежом [1-3].

Известные методы снижения трения и налипания можно разделить на следующие группы: к первой группы относятся методы, создающие на границе контакта промежуточный антиадгезионный слой [4-10]; ко второй группе относятся методы, способствующие ослаблению адгезионных связей вследствие воздействия внешних факторов и приводящие к изменению свойств поверхностных слоев фаз [11-19]; к третьей группе относятся конструкторско-технологические методы и механические способы; четвертая группа – это совместное комбинирование методов снижения адгезии [20-28].

Оценка эффективности применения на рабочих органах устройств интенсифицирующего действия для снижения адгезии грунта при отрицательной температуре определялась с помощью коэффициента эффективности по формуле:

$$K_{\text{эф.}} = \frac{\tau_{\text{б.в.}} - \tau_{\text{в.}}}{\tau_{\text{б.в.}}},$$

где: $\tau_{\text{б.в.}}$ - напряжение сдвига грунта без внешнего воздействия; $\tau_{\text{в.}}$ - напряжение сдвига при внешнем воздействии.

Для оценки степени влияния теплового воздействия на сдвиг грунта при намерзании при расчете силы трения с учетом адгезии при отрицательной температуре определялся коэффициент снижения сил смерзания:

$$k_{\text{т.в.}} = \frac{\tau_{\text{б.в.}}}{\tau_{\text{в.}}}$$

Уровни и интервалы варьирования факторов при тепловом воздействии определены на основе анализа априорной информации и представлены в табл.

Таблица 1. Уровни и интервалы варьирования факторов при тепловом воздействии

Факторы	Уровни факторов					Интервал
	-2	-1	0	1	2	
X ₁ – диспер. грунта, D _э , мм	9·10 ⁻³	7·10 ⁻³	5·10 ⁻³	3·10 ⁻³	1·10 ⁻³	2·10 ⁻³
X ₂ – норм. давление на грунт P, кПа	0	10	20	30	40	10
X ₃ – влажн. грунта, W, %	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	5,0
X ₄ – т-ра внешней среды, T, °C	5	-5	-15	-25	-35	10
X ₅ – время контакта, t, мин	0,5	10,5	20,5	30,5	40,5	10

Параметры оборудования для создания теплового воздействия (их рациональные значения) были выбраны на основании предварительных экспериментов и результатов исследований зависимости целевой функции (напряжения сдвига) от параметров теплового воздействия [11-19] и в процессе проведения экспериментов не изменялись: температура нагрева излучающей поверхности 85 °C, время воздействия 15 сек.

В результате реализации матрицы планирования экспериментов при варьировании основных факторов, обуславливающих адгезию грунтов с металлической поверхностью рабочего органа при отрицательной температуре и обработки полученных значений коэффициентов эффективности при тепловом воздействии, получены следующие регрессионные зависимости:

– при тепловом воздействии в кодированном виде:

$$k_{эф.} = 0,9178 + 0,0155 X_1 - 0,0105 X_2 + 0,0349 X_3 + 0,040 X_4 + 0,0235 X_5 - \\ - 0,0114 X_1^2 + 0,0087 X_2^2 - 0,0164 X_4^2 - 0,0031 X_5^2 - 0,0041 X_1 X_3 + 0,0099 X_1 X_4 + \\ + 0,0027 X_2 X_5 - 0,0268 X_3 X_4 - 0,0096 X_3 X_5 - 0,0071 X_4 X_5;$$

- в натуральном виде

$$k_{эф.} = 0,497 + 27,35 D - 6,01 \cdot 10^{-3} p + 1,55 \cdot 10^{-2} W - 12,97 \cdot 10^{-3} T + \\ + 9,50 \cdot 10^{-3} t - 2,85 \cdot 10^3 D^2 + 8,7 \cdot 10^{-5} p^2 + 16,4 \cdot 10^{-5} T^2 - 3,1 \cdot 10^{-5} t^2 + 410 \cdot 10^{-3} D \cdot W + \\ + 509 \cdot 10^{-3} D T - 285 \cdot 10^{-3} D T + 7,4 \cdot 10^{-5} P W + 2,6 \cdot 10^{-3} P T + 2,7 \cdot 10^{-5} P \cdot t + \\ + 5,36 \cdot 10^{-4} W T - 1,92 \cdot 10^{-4} W t + 7,1 \cdot 10^{-5} T \cdot t;$$

- в кодированном виде

$$k_{м.в.} = 12,69 + 2,63 X_1 - 3,74 X_2 + 4,49 X_3 + 4,09 X_4 + 3,70 X_5 - 0,83 X_1^2 + \\ + 3,71 X_2^2 + 0,90 X_3^2 - 1,03 X_4^2 - 0,36 X_5^2 + 0,59 X_1 X_2 + 0,40 X_1 X_3 + 2,85 X_1 X_4 + \\ + 2,22 X_1 X_5 - 2,15 X_2 X_3 - 1,57 X_2 X_4 - 0,90 X_2 X_5 - 0,54 X_3 X_4 + 1,11 X_3 X_5 + 1,52 X_4 X_5;$$

- в натуральном виде

$$k_{м.в.} = -27,1 + 5330 D - 0,57 P + 0,43 W - 1,6 T + 0,55 t - 20 \cdot 10^4 D^2 + 0,037 P^2 + \\ + 0,036 W^2 - 0,01 T^2 - 0,004 t^2 - 3,1 \cdot P \cdot D - 4,05 D \cdot W + 145 D \cdot T - 110 D \cdot t - 0,04 P \cdot W - 0,016 P \cdot T - \\ - 0,009 P \cdot t + 0,01 W T + 0,022 W t - 0,015 T \cdot t$$

Определены квазиоднофакторные зависимости коэффициентов эффективности $K_{эф.}$ при тепловом воздействии от основных факторов (дисперсности, давления прижатия, влажности, температуры, времени контакта), обуславливающих прочность смерзания грунта с металлической поверхностью скольжения, анализ которых показывает следующее: наибольшая эффективность применения теплового воздействия наблюдается при значениях дисперсности $D_э = 3...5 \cdot 10^{-3}$ мм; с увеличением давления прижатия эффективность теплового воздействия снижается; с увеличением влажности эффективность применения теплового воздействия растет, достигая максимального значения при влажности близкой к границе текучести; с понижением температуры значение коэффициента эффективности при тепловом воздействии возрастает, причем очень интенсивно, что можно объяснить быстрым переходом “связной” воды в “рыхлосвязную” и “свободную”; при увеличении продолжительности контакта от 0,5 до 25 мин. значение коэффициента эффективности возрастает и стабилизируется при дальнейшем увеличении времени контакта.

Тепловое воздействие ($T = 85^\circ\text{C}$, $t_{\text{везд.}} = 15\text{ с}$) показало существенный эффект при примерзании, снижая прочность смерзания в среднем в 12,5 раза. Получено уравнение, связывающее параметры внешних факторов с прочностью смерзания грунта при тепловом воздействии, которое показывает, что в исследованном диапазоне изменения все факторы способствуют увеличению адгезии при смерзании и в порядке увеличения степени влияния фактора составляют ряд: D, t, W, T, P . Установлено, что при тепловом воздействии существенное влияние оказывает давление прижатия.

Список используемых источников:

1. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Игнатъев К.А. Анализ возможного повышения производительности экскаваторов при устранении адгезии грунта к ковшу // Вестник МГСУ. 2014. № 2. С. 98-104.
2. Заднепровский Р.П. Теория трения скольжения. Волгоград: Офсет, 2005. 51с.
3. Rajaram G., Erbach D.C. Effect of wetting and drying on soil physical properties // Journal of Terramechanics 36 (1999) P. 39-49.
4. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Игнатъев 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.
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., Жидовкин В.В., Нечаев А.Н. Снижение адгезии грунтов с помощью ремонтно-восстановительных составов // Труды Братского государственного университета. 2010. Т. 2. С. 127-131.
7. 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.
8. Зеньков С.А., Елохин А.В., Курмашев Е.В. Обзор способов снижения адгезии грунтов к рабочим органам машин путем создания промежуточного слоя // Труды Братского государственного университета. 2009. Т. 2. С. 102-107.
9. Зеньков С.А., Елохин А.В., Курмашев Е.В. К вопросу о применении ремонтно-восстановительных составов для снижения адгезии грунтов к рабочим органам СДМ // Механики XXI века. 2009. № 8. С. 159-161.
10. Зеньков С.А., Жидовкин В.В., Нечаев А.Н. Снижение адгезии грунтов с помощью ремонтно-восстановительных составов // Труды Братского государственного университета. 2010. Т. 2. С. 127-131.
11. Зеньков С.А., Игнатъев 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., Батуро А.А., Булаев К.В. Показатели эффективности оборудования теплового воздействия для снижения адгезии грунтов к ковшовым рабочим органам // Труды Братского государственного университета. 2006. № 2. С. 176-178.
13. Зеньков С.А., Игнатъев 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., Игнатъев 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., Жидовкин В.В., Нечаев А.Н., Курмашев Е.В. Применение оборудования теплового воздействия для снижения адгезии грунтов // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 129-132.
16. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Елохин А.В., Дэлэг Д. Перспективы применения гибких нагревательных ленточных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам ковшового типа // Механики XXI века. 2009. № 8. С. 164-167.

18. Зеньков С.А., Игнатъев 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.
19. Зеньков С.А. Эффективность теплового воздействия для снижения адгезии грунта к рабочим органам // Труды Братского государственного университета. 2005. № 2. С. 159-161.
20. 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.
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., Курмашев Е.В., Красавин О.Ю. Анализ повышения производительности экскаваторов при использовании пьезокерамических трансдюсеров // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 4. С. 38-41.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Елохин А.В. Определение эффективности оборудования внешнего воздействия для снижения адгезии грунтов к ковшовым рабочим органам // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 297-299.

© 2015, Зеньков С.А.

Эффективность теплового воздействия для снижения адгезии грунта к машинам

© 2015, Zenkov S.A.

The effectiveness of heat exposure in order to reduce the adhesion of soil to the machines