DOI: 10.17117/na.2015.07.664

Поступило в редакцию: 13.07.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.07.664.pdf>

**Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Дрюпин П.Ю.,
Бойченко А.И., Плеханов Н.Г.
Оценка эффективности работы оборудования для
снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов**

**Zenkov S.A., Balakhonov N.A., Dryupin P.Y., Boychenko A.I.,
Plekhanov N.G.
Evaluating the effectiveness of the equipment to reduce
the adhesion of soil to the excavator bucket**

В статье оценивается эффективность процесса работы оборудования для снижения адгезии грунта по показателю его удельной энергоёмкости. Представлены результаты расчетов удельной энергоёмкости процесса сдвига грунта по металлической поверхности при смерзании от температуры в плоскости сдвига. Показано, что экономический эффект от внедрения оборудования для снижения адгезии грунта на ковшах экскаваторов обусловлен повышением производительности данных машин

Ключевые слова: эффективность работы, удельная энергоёмкость, адгезия грунта

The article assesses the effectiveness of the equipment to reduce the adhesion of soil in terms of its specific power consumption. The results of calculations of specific energy shift of the ground surface of the metal freezing when the temperature in the shear plane. It is shown that the economic impact of the introduction of equipment to reduce the adhesion of soil on the excavator bucket is due to an increase in productivity of these machines

Key words: efficiency, energy density, adhesion of soil

Зеньков Сергей Алексеевич

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

Zenkov Sergey Alexeevich

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

Балахонов Никита Александрович

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

Balahonov Nikita Alexandrovich

Postgraduate
Bratsk state university
Bratsk, Makarenko st., 40

Дрюпин Павел Юрьевич

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

Dryupin Paul Yurevich

Master
Bratsk state university
Bratsk, Makarenko st., 40

Бойченко Александр Игоревич

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

Boychenko Aleksandr Igorevich

Student
Bratsk state university
Bratsk, Makarenko st., 40

Плеханов Николай Григорьевич

Студент

Братский государственный университет

г. Братск, ул. Макаренко, 40

Plekhanov Nikolay Grigoryevich

Student

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 методам первой группы относятся методы, создающие на границе контакта промежуточный слой. Этот слой является препятствием для молекулярного взаимодействия фаз и должен обладать антиадгезионными свойствами [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].

Эффективность процесса работы оборудования можно оценить по показателю его удельной энергоемкости. Удельная энергоемкость процесса сдвига грунта по металлической поверхности рабочего органа при смерзании определяется следующим выражением [29]:

$$N_{уд} = N_{сумм} / S_{сдв},$$

где $N_{сумм}$ – суммарная мощность, затрачиваемая на процесс сдвига грунта, кВт;

$S_{сдв}$ – площадь сдвигаемого образца, кв.м.

Суммарные затраты мощности на процесс сдвига грунта при тепловом воздействии [11-19]:

$$N_{тепл} = N_{н.э.} \cdot K_v + N_{сдв},$$

где $N_{н.э.}$ – мощность нагревательных элементов, кВт;

K_v – коэффициент, учитывающий эффективное время работы нагревательных элементов;

$N_{сдв}$ – мощность, затрачиваемая на сдвиг грунта;

$$N_{сдв} = A/t = P_c \cdot l / t,$$

где A – работа, затрачиваемая на сдвиг грунта, кдж;

t – продолжительность сдвига грунта, с;

P_c – сопротивление сдвигу грунта при соответствующем воздействии, кН (по результатам экспериментов);

l – перемещение образца грунта, м.

Суммарные затраты мощности при термоакустическом воздействии [20-28]:

$$N_{\text{тав}} = N_{\text{ти}} \cdot K_{\text{в}} + N_{\text{ис}} + N_{\text{сдв}},$$

где $N_{\text{ти}}$ – суммарная мощность термоакустических излучателей, кВт;

$N_{\text{ис}}$ – мощность источника (генератора) ультразвуковых колебаний, кВт.

Суммарные затраты мощности на процесс сдвига грунта при акустическом воздействии:

$$N_{\text{ав}} = N_{\text{аи}} \cdot K_{\text{в}} + N_{\text{ис}} + N_{\text{сдв}},$$

где $N_{\text{аи}}$ – мощность акустического излучателя, кВт.

Суммарные затраты мощности на процесс сдвига грунта при вибрационном низкочастотном воздействии:

$$N_{\text{вн}} = N_{\text{вв}} \cdot K_{\text{в}} + N_{\text{сдв}},$$

где $N_{\text{вв}}$ – мощность привода вибрационных возбудителей колебаний, кВт.

Результаты расчетов удельной энергоемкости процесса сдвига грунта по металлической поверхности при смерзании от температуры в плоскости сдвига представлены в виде графиков зависимостей $N_{\text{уд}} = f(T)$ на рис.1.

1 – без внешнего воздействия; 2 – при тепловом воздействии ($T=85^\circ\text{C}$, $t_{\text{возд}}=26\text{с}$); 3 – при термоакустическом воздействии ($F=21,8\text{МГц}$; $A=0,005\text{мм}$, $T=20^\circ\text{C}$, $t_{\text{возд}}=15\text{с}$); 4 – при акустическом высокочастотном воздействии ($F=5460\text{Гц}$, $A=0,16\text{мм}$, $t_{\text{возд}}=25\text{с}$); 5 – при вибрационном низкочастотном воздействии ($F=50\text{Гц}$, $A=2,35\text{мм}$, $t_{\text{возд}}=22\text{с}$)

Рис. 1. Зависимость удельной энергоемкости процесса сдвига грунта по металлической поверхности от температуры в плоскости сдвига

Анализ полученных зависимостей показал, что удельная энергоёмкость процесса сдвига грунта при термоакустическом воздействии на 10...15% меньше удельной энергоёмкости при акустическом и тепловом воздействиях.

Экономическая эффективность новой техники максимальна при:

$$Z_y'' = [I - Z_k \cdot (E_n + P)] / B'' \text{ min, } \longrightarrow$$

где I – годовые текущие затраты приобретателя без учета отчислений на реновацию техники, руб.;

Z_k – капитальные затраты на производство, доставку и монтаж техники, руб.;

E_n – нормативный коэффициент эффективности;

P – доля отчислений на реновацию техники от капитальных затрат;

B'' – годовая эксплуатационная производительность новой техники.

Годовые текущие затраты потребителя без учета отчислений на реновацию определяются:

$$I = Z_{зп} + Z_{кр} + Z_{эр} + Z_{т} + Z_{мг} + Z_{пб},$$

где $Z_{зп}$ – заработная плата водителя-оператора, руб.;

$Z_{кр}$ – затраты на капитальный ремонт, руб.;

$Z_{эр}$ – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание, руб.;

$Z_{т}$ – затраты на топливо и смазочные материалы, руб.;

$Z_{мг}$ – затраты на масло для гидросистемы, руб.;

$Z_{пб}$ – затраты на перебазировки, руб.

Годовая эксплуатационная производительность машин рассчитывается по формуле:

$$B = b_{эч} \cdot k_{пр} \cdot T_g,$$

где $b_{эч}$ – эксплуатационная часовая производительность машины, ед. прод./машино-час.;

$k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий простои в работе, которые не учтены в часовой эксплуатационной производительности, $k_{пр} = 0,78$;

T_g – количество машино-часов работы машины в году, машино-час.

Часовая эксплуатационная производительность машины определяется:

$$b_{эч} = B_{тч} \cdot k_t,$$

где $B_{тч}$ – часовая техническая производительность машины, ед. прод./час.;

k_t – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной.

Известно, что часовая техническая производительность машины характеризует ее наивысшую производительность за один час непрерывной работы, которая может быть достигнута в конкретных условиях.

Техническая производительность одноковшового экскаватора с оборудованием внешнего действия для снижения налипания и намерзания грунтов при работе на влажных связных грунтах при отрицательной температуре в 1,2...1,4 раза больше, чем у экскаваторов, не оборудованных подобными устройствами. Таким образом экономический эффект от внедрения оборудования для снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов обусловлен повышением их производительности.

Список литературы:

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. 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.
3. Rajaram G., Erbach D.C. Effect of wetting and drying on soil physical properties // Journal of Terramechanics. 36 (1999). Pp. 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. Серия: Естественные и инженерные науки. 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. Серия: Естественные и инженерные науки. 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. Серия: Естественные и инженерные науки. 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. Серия: Естественные и инженерные науки. 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. Серия: Естественные и инженерные науки. 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. Серия: Естественные и инженерные науки. 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.
17. 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.
18. Зеньков С.А. Эффективность теплового воздействия для снижения адгезии грунта к рабочим органам // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. № 2. С. 159-161.

19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2011. Т. 2. С. 88-92.
23. 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.
24. 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.
25. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Анализ возможного повышения производительности экскаваторов при термоакустическом воздействии для устранения адгезии грунта к ковшу // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2008. № 2. С. 137-140.
26. 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. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2011. Т. 2. С. 88-92.
27. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В., Диппель Р.А. Анализ структуры рабочего органа ковшовой типа с устройством внешнего интенсифицирующего воздействия для снижения адгезии грунта // *Механики XXI века*. 2005. № 4. С. 49-52.
28. 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.
29. 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., Балахонов Н.А., Дрюпин П.Ю.,
Бойченко А.И., Плеханов Н.Г.
Оценка эффективности работы оборудования для
снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов

© 2015, Zenkov S.A., Balakhonov N.A., Dryupin P.Y.,
Boychenko A.I., Plekhanov N.G.
Evaluating the effectiveness of the equipment to
reduce the adhesion of soil to the excavator bucket