DOI: 10.17117/na.2016.05.03.088

<http://ucom.ru/doc/na.2016.05.03.088.pdf>

Поступила (Received): 24.05.2016

Киргизов Р.С., Бакшеев Ю.К.

Обзор и анализ гибких нагревательных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам машин

Kirgizov R.S., Baksheev Yu.K.

Review and analysis of flexible heating elements to reduce the adhesion of soil to the working bodies of cars

В статье приведена классификация методов борьбы с адгезией грунтов, из которой выбрано внешнее тепловое воздействие при помощи гибких нагревательных элементов. Выполнен обзор гибких нагревательных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам СДМ. Рассмотрены их технические характеристики, особенности конструкции и эксплуатации в качестве источника теплового воздействия для снижения адгезии грунта при отрицательной температуре

Ключевые слова: адгезия, грунт, гибкий нагревательный элемент, рабочий орган

The article provides a classification of methods of struggle with the adhesion of soil, from which selected external thermal effect by means of flexible heating elements. A review of flexible heating elements to reduce soil adhesion to the working bodies of SDM. We consider the technical specifications, design features and operating as a source of heat exposure in order to reduce soil adhesion at temperatures below freezing

Key words: adhesion, soil, flexible heating element, a working body

Киргизов Роман Сергеевич

Магистрант

Братский государственный университет

г. Братск, ул. Макаренко, 40

Kirgizov Roman Sergeevich

Master

Bratsk state university

Bratsk, Makarenko st., 40

Бакшеев Юрий Константинович

Студент

Братский государственный университет

г. Братск, ул. Макаренко, 40

Baksheev Yuriy Konstantinovich

Student

Bratsk state university

Bratsk, Makarenko st., 40

Адгезия это слипание поверхностей двух разнородных твёрдых или жидких тел. Примером адгезии является налипание влажного связного грунта к рабочему органу машины при отрицательных температурах. Количественно адгезия характеризуется силой прилипания, необходимой для разделения тел. Известны различные методы снижения адгезии [1-4].

Анализ и обобщение отечественной и зарубежной практики ведения массовых земляных и открытых горных работ показали, что применяемые в настоящее время и предлагаемые средства для борьбы с прилипанием и примерзанием грунтов к ковшам землеройных машин по характеру и принципу действия можно разделить на профилактические средства (предотвращение адгезии) и

средства для очистки ковша (восстановление эвакуирующей способности грунта). Кроме того, все методы борьбы можно разделить на применяемые с остановкой машины (экскаватора) и применяемые непосредственно во время ее работы [1-4].

В литературе имеется несколько классификаций методов борьбы с адгезией грунтов. При этом многие методы и средства относятся к тому или иному виду при составлении классификации лишь условно. Так, обогрев ковшей применяется и как средство, способствующее очистке ковша от уже намерзшего грунта, и как средство, предупреждающее его намерзание (профилактическое воздействие).

Наиболее полная классификация методов снижения адгезии и трения при разработке грунтов предложена Р. П. Заднепровским [4]. По этой классификации все методы снижения адгезии и трения при контакте влажных грунтов с рабочими поверхностями машины делятся на четыре группы.

К первой группе относятся методы создания на границе контакта промежуточного слоя, который может служить для экранирования адгезионного взаимодействия фаз: грунта и рабочей поверхности [5-9].

Ко второй группе – методы способствующие ослаблению адгезионных связей за счет внешнего (интенсифицирующего) воздействия, приводящего к изменению свойств контактирующих фаз (уменьшение поверхностного натяжения, потенциала двойного электрического слоя, изменение структуры фаз и др.) К внешним воздействиям относятся тепловое, вибрационное, электромагнитное [10-18].

К третьей группе – конструктивно-технологические методы и механические способы.

Четвертая группа – комбинированные методы [19-29].

Наиболее эффективным из методов внешнего воздействия при отрицательной температуре производства земляных работ является тепловое воздействие [10-15], которое может осуществляться при помощи гибких нагревательных элементов. Ниже рассмотрим некоторые из них.

Элемент нагревательный гибкий ленточный (ЭНГЛ) [13,15] относится ко второй группе методов – внешнего воздействия. Наиболее подходящими для практического применения в рабочих органах СДМ являются гибкие нагревательные ленты ЭНГЛ-1 и ЭНГЛУ-400, выпускаемые компанией ТЕРМ, созданной на базе Санкт-Петербургского филиала ОАО СКБ «Транснефтеавтоматика»

ЭНГЛ-1 (элемент нагревательный гибкий ленточный-1) – нагревательная лента предназначена для защиты от замерзания, образования снега и льда, технологического прогрева (рис. 1).

ЭНГЛ-1 – плетеная лента из стеклонити, в основе которой восемь нагревательных жил из нихрома. Снаружи нагреватели покрыты водонепроницаемой оболочкой из кремнийорганической резины. Концевые опрессовки выполнены из такой же резины. Изоляция из кремнийорганической резины особенно подходит для случаев применения, где необходима высокая гибкость ленты.

Ленты ЭНГЛ-1 представляют собой законченные изделия с герметичными наконечниками и низкотемпературными выводами. Выпускаются фиксированных размеров и мощностей и не подлежат резке. По согласованию с потребителем предприятие может изготовить нагреватели ЭНГЛ-1 с другими параметрами и длинами, но с удельной мощностью не превышающей 100 Вт/м.

ЭНГЛ-1 устанавливается быстро и просто, не требует никаких специальных навыков или инструментов.

Таблица 1. Технические характеристики ЭНГЛ-1

Максимальная температура на поверхности ленты	180°C (250°C по заказу)
Минимальная температура монтажа	50°C
Минимальный радиус изгиба	10 мм
Ширина активной части	24мм
Толщина активной части	3,3мм

Рис. 1. Схема ЭНГЛ-1

Рис.2. Схема ЭНГЛУ-400

ЭНГЛУ-400 (элемент нагревательный гибкий ленточный унифицированный) – это промышленного качества гибкая нагревательная лента, которая может использоваться для разогрева и компенсации тепловых потерь резервуаров, трубопроводов и другого технологического оборудования, которая нагревается до температуры в 400°C (рис. 2). ЭНГЛУ-400 – лента из стеклонити, пропитанная органосиликатной композицией, в основе которой находятся восемь нагревательных жил из нихрома. Нагревательные провода имеют обмотку из стеклонити из 3-х слоев, внутренний и промежуточный слои стеклонити пропитаны органосиликатной композицией. Ленты ЭНГЛУ-400 представляют собой законченные изделия, выпускаются только указанных размеров и мощностей и не подлежат резке в размер.

Таблица 2. Технические характеристики ЭНГЛУ-400

Максимальная температура	400°С
Минимальный радиус изгиба	15мм
Длина низкотемпературных выводов	700мм
Электропитание	220В

Также можно рассмотреть нагревостойкие кабели с минеральной изоляцией, выпускаемые заводом «Кирскабель». Конструктивно кабели состоят из жил, помещенных в металлическую оболочку и разделенных между собой минеральной изоляцией. Длительно допускаемая температура этих кабелей равна: 250°С – для кабелей в медной оболочке с медными жилами (рис.3); 600°С – для кабелей в стальной оболочке с жилами из никеля, нихрома, нержавеющей стали (рис.4); 800°С – для кабелей с жилами из нихрома или сплава ХН78Т и оболочкой из сплава ХН78Т. Изоляция таких кабелей не способна к самовозгоранию, не токсична, способна работать даже при длительном перегреве вплоть до температуры плавления оболочки. Данные кабели стойки к ударам и смятию. Даже в смятом состоянии кабель продолжает работать. Гибкость кабеля позволяет укладывать его с радиусом изгиба, кратным трем диаметрам кабеля. Одно из главных преимуществ данных кабелей – «холодные» выводы. Они присоединяются к кабелю без специальных муфт и внешне никак не выделяются в конструкции кабеля. Соединение нагревательной и питающей жил производится внутри металлической оболочки.

Рис. 3. Кабели в медной оболочке

Рис. 4. Кабели в стальной оболочке

Достаточно часто в системах противообледенения применяются два вида кабелей – резистивный и саморегулирующийся компании «HTS Global». Резистивный кабель XR (рис. 5), производимый HTS Global, имеет центральную жилу, выполненную по особой технологии – в виде пружинящей спирали, что позво-

ляет системе противообледенения легко выдерживать большие перепады температурных и механических нагрузок. Технические характеристики данного кабеля приведены в таблице 3.

Таблица 3. Технические характеристики резистивного кабеля XR

Сечение	диаметр 7,5 мм
Максимальная выдерживаемая температура (кабель выключен)	90°C
Номинальное напряжение	300/500 В
Максимальная мощность	25 Вт/м
Максимальная рабочая температура	80°C
Минимальная температура хранения	-40°C
Минимальный радиус изгиба	25 мм

В саморегулирующихся кабелях источником тепла служит тепловыделяющая пластиковая матрица, расположенная между двумя токопроводящими жилами. Тепловыделение каждого участка матрицы меняется в зависимости от фактических внешних условий. Саморегулирующийся кабель TTGHL (рис. 6), производимый HTS Global, имеет сложную зависимость тепловой мощности от внешней температуры. При положительных внешних температурах мощность кабеля плавно растет, делая мощный скачок в точке перехода температуры окружающей среды к минусовой. Технические характеристики данного кабеля приведены в табл. 4.

Таблица 4. Технические характеристики саморегулирующегося кабеля TTGHL

Сечение	ширина 6,0 мм, высота 10, 5 мм
Максимальная выдерживаемая температура (кабель выключен)	85°C
Максимальная рабочая температура (кабель включен)	65°C
Номинальное напряжение	230 В
Минимальный радиус изгиба	25 мм
Минимальная температура хранения	-60°C

Рис. 5. Резистивный кабель XR: 1-нагревательный элемент; 2-первичный слой изоляции (тефлон); 3-вторичный слой изоляции; 4-защитный экран из луженой меди; 5-внешняя оболочка

Рис. 6. Саморегулирующийся кабель ТТGHL: 1-луженые питающие жилы; 2-тепловыделяющая саморегулирующаяся матрица; 3-внутренняя изоляция; 4-заземляющий защитный экран из луженой меди; 5-наружная оболочка

Таким образом можно сделать вывод, что технические и эксплуатационные характеристики гибких нагревательных элементов позволят их применять для снижения адгезии грунта 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 ковшовой 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. Серия: Естественные и инженерные науки*. 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., 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.
10. 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.
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. 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., 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. 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.
17. 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.
18. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Определение параметров вибрационного оборудования к ковшам экскаваторов для снижения адгезии грунтов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2009. № 89-2. С. 90-94.
19. 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.
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., 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.
22. Зеньков С.А., Бату́ро А.А. Комбинированное устройство снижения адгезии грунта к ковшу экскаватора // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 76-78.
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. Серия: Естественные и инженерные науки. 2011. Т. 2. С. 88-92.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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. Т. 2. С. 137-140.
29. 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.

© 2016, Киргизов Р.С., Бакшеев Ю.К.

Обзор и анализ гибких нагревательных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам машин

© 2016, Kirgizov R.S., Baksheev Yu.K.

Review and analysis of flexible heating elements to reduce the adhesion of soil to the working bodies of cars