

УДК 621. 879. 3: 534. 8

Влияние ультразвукового воздействия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин

С.А. Зеньков¹, К.А. Игнатьев¹¹Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail:mf@brstu.ru

Статья поступила 11.01.2012, принята 14.05.2012

При разработке влажных связных грунтов происходит налипание и намерзание грунта на рабочие органы землеройных машин, что существенно снижает их производительность. Известны четыре группы методов устранения адгезии грунтов к поверхностям рабочих органов землеройных машин. По характеру и принципу действия их можно разделить на профилактические средства и средства для очистки рабочих органов землеройных машин. В экспериментах в качестве источника ультразвуковых колебаний был выбран магнитострикционный преобразователь ПМЗ-4/18. Ультразвуковое воздействие относится к группе комбинированных методов устранения адгезии. Для оценки эффективности ультразвукового воздействия эксперименты проводились на стенде сдвигового типа. Температурный диапазон окружающей среды для проведения экспериментов был выбран от -25 до $+15$ °С. Ультразвуковое воздействие позволяет снизить адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин за счет теплового и вибрационного воздействий на поверхность контакта.

Ключевые слова: адгезия грунта, магнитострикционный преобразователь, ультразвуковое воздействие, комбинированные методы.

Ultrasonic impact effect on the soil adhesion against work tools of earth-moving machines

S.A. Zen'kov¹, K.A. Ignat'yev¹¹Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia. E-mail:mf@brstu.ru

Received 11.01.2012; Accepted 14.05.2012

When excavating in wet cohesive soils, soils adhering and freezing-over against the work tools of earth-moving machines occurs that considerably reduces their productivity. There are four groups of methods to obviate soil adhesion against the surface of the earth-moving machines work tools. According to the character and operating principles, the methods and means to fight against soil adhering and freezing-on can be divided into prophylactic means and the means for cleaning the work tools of earth-moving machines. In the experiments, the ПМЗ-4/18 magnetostrictor was chosen as an ultrasonic vibration source. The ultrasonic impact is referred to the group of combined methods to obviate soil adhesion against the surface of the earth-moving machines work tools. To assess the ultrasonic impact performance, the experiments were conducted on the shearing-type stand. The environment temperature range to conduct the experiments was from -25 to $+15$ °C. The ultrasonic impact allows lowering soil adhesion against the work tools of earth-moving machines due to the thermal and vibration effects on the contact surface.

Key words: soil adhesion, magnetostrictor, ultrasonic impact, combined methods.

Опыт эксплуатации землеройных машин показывает, что при разработке влажных связных грунтов (особенно при отрицательной температуре) налипание и намерзание грунта на рабочие органы существенно снижает производительность машин (рис. 1). Уменьшение производительности происходит вследствие уменьшения полезной вместимости ковшей и за счет неполной разгрузки, роста как лобового сопротивления при резании (копанию) в результате прилипания влажного грунта к рабочему органу, так и сопротивления входа в ковш, а также увеличения простоев машин вследствие необходимости очистки рабочих органов.

Известны четыре группы методов устранения адгезии грунтов к поверхностям рабочих органов землеройных машин [1]: методы, создающие на границе контакта промежуточный слой; методы, способствующие ослаблению адгезионных связей за счет внешнего (интенсифицирующего) воздействия; конструктивно-технологические методы; комбинированные методы.

По характеру и принципу действия методы и средства для борьбы с прилипанием и примерзанием грунтов к рабочим органам землеройных машин можно разделить на профилактические (предотвращение адгезии) и средства для очистки ковша (восстановление эвакуирующей способности грунта). Установлено, что наиболее эффективными являются комбинированные методы, сочетающие в себе достоинства двух и более методов и, в частности, вибротепловой [1]. В статье рассматривается применение ультразвукового воздействия, относящегося к комбинированным методам (сочетание высокочастотной вибрации и нагрева).

Для проведения экспериментов в качестве источника ультразвуковых колебаний использовался магнитострикционный преобразователь ПМЗ-4/18 с рабочей частотой $18 \pm 1,35$ кГц. Магнитострикционный преобразователь имеет рабочую температуру нагрева до 90 °С, поэтому относится к группе комбинированных ме-

тодов устранения адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин.

Для преобразования электрической энергии промышленной частоты в электрическую энергию ультразвуковой частоты и питания магнитострикционного преобразователя был использован ультразвуковой генератор УЗГ 3-4.

Для оценки эффективности использования магнитострикционного преобразователя ПМЗ-4/18 были проведены эксперименты на стенде сдвигового типа, принципиальная схема которого показана на рис. 2.

Стенд (рис. 2) состоит из металлоконструкции 1 с регулировочными винтами 2 и с закрепленными на ней при помощи болтовых соединений 3 направляющими 4 с возможностью вертикального перемещения каретки 5, снабженной катками 6 и установленной подвижно в направляющих 4, жестко закрепленный на каретке 5 магнитострикционный преобразователь ПМЗ-4/18 7 (запитанный от генератора УЗГЗ-4 (32), с теплоизолированным корпусом 8 и излучающей поверхностью 9 (сталь 12Х18Н9Т), цилиндрической обоймы 10 без дна, с размещенными внутри и концентрично ее оси съемным кольцом 11 и штампом 12 с крышкой 13. Штамп 12 жестко связан со штангой 14, которая установлена подвижно, с возможностью вертикального перемещения в жестко закрепленной на металлоконструкции 1 направляющей втулке 15, и соединена шарнирно с нагрузочным рычагом 16, на свободном конце которого подвешена подставка 17 со сменными грузами 18. Обойма 10 без дна посредством шпилек 19 с гайками 20 с возможностью регулировки прикреплена к металлоконструкции 1 и снабжена теплоизоляционным кожухом 21 и двумя болтами 22 для фиксации в ней съемного кольца 11. Кольцо 11 из ударопрочного полиэтилена высокого давления выполнено с внутренним диаметром, равновеликим наружному диаметру штампа 12. Штамп выполнен полым и имеет отверстия 23 и 24 для подвода и отвода хладагента (50-процентный раствор этиленгликоля) и герметичную крышку 13 из материала (медь, $\lambda = 384 \text{ Вт}/(\text{М} \cdot \text{К})$) с теплопроводностью, большей, чем теплопроводность материала штампа 12 (сталь 45, $\lambda = 47 \text{ Вт}/(\text{М} \cdot \text{К})$).

Полости штампа 12 и корпуса 8 источника интенсифицирующего воздействия 7, заполненные хладагентом (50-процентный раствор этиленгликоля), соединены теплоизолированными трубопроводами через трехходовый кран 25, охладитель 26, кран 27 с емкостью 28 для хладагента.

Все элементы стенда, содержащие хладагент, а также трубопроводы, теплоизолированы матами минераловатными (ГОСТ 21880-86) и пенополистиролом (ГОСТ 15588-86), покрытыми алюминиевой фольгой.

Емкость 28 для хладагента состоит из двух цилиндрических сосудов. Внутренний сосуд изготовлен из углеродистой стали 20. Трубопроводы, сообщающие внутренний сосуд с окружающей средой, изготовлены из медно-никелевого сплава с малой теплопроводностью. Межстенное пространство шириной 30 мм заполнено смесью аэрогеля с бронзовой пудрой в количестве 2,5 кг. Уплотняющими материалами в соединениях трубопроводов являются морозостойкая резина

14К-10 и уплотняющая лента «ФУМ», которые выдерживают понижение температуры до 210 °К без потери своих уплотняющих свойств.



Рис. 1. Ковш экскаватора с намерзшим грунтом.

Каретка 5 с пьезокерамическими излучателями 7 через тензодатчик (модели СТ) 29 связана с приводным механизмом 30, состоящим из тяговой лебедки, электродвигателя П-21 постоянного тока (питается от сети через трансформатор РНО-250-2 и выпрямитель на силовых диодах ВЛ-200), червячного редуктора РЧ-3, клиноременной передачи, кулачковой муфты, расположенной на валу лебедки.

Стенд снабжен комплектом тензометрической аппаратуры 31 (динамометр электронный ДОР-3-5И) и устройством для измерения температуры и влажности 33 (термовлагомером CENTER 315).

В качестве функции отклика (параметра оптимизации) на воздействие факторов, определяющих поведение изучаемой системы, выбрано сопротивление сдвигу, отвечающее требованиям, предъявляемым к параметрам оптимизации: универсальность, возможность выражения одним членом и представление в количественном виде; обладание статистической эффективностью и легкая вычисляемость, обладание простотой, существование для всех возможных состояний.

Эффект оценивался по величине отношения условно-мгновенного удельного коэффициента смерзания (УМУКС), за который принимают напряжение сдвига τ , соответствующее началу перемещения образца грунта относительно рабочей поверхности, определяемое по формуле [1]:

$$\tau = \frac{P_c}{S},$$

где P_c – нагрузка, необходимая для сдвига металлической поверхности относительно образца грунта, H ; S – площадь рабочей части примороженного образца грунта, м^2 .

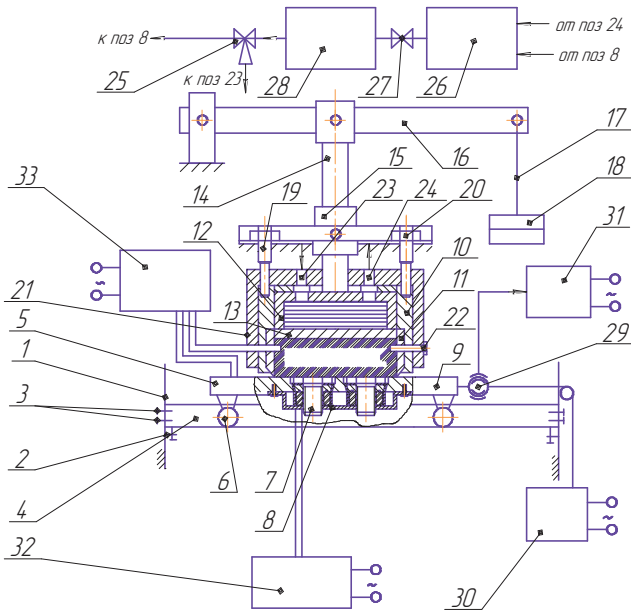


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментального сдвигового стенда для исследования влияния интенсифицирующего воздействия на прочность смерзания грунта.

Эксперименты проводились при различной температуре окружающей среды, от -25 до $+15$ °С. Для испытания был взят грунт суглинок дисперсный, связный; влажность грунта 20 %, давление прижатия грунта к поверхности преобразователя ПМЗ-4/18 – 10кПа, время контакта грунта с поверхностью – 10 мин., температура грунта в момент соприкосновения с поверхностью преобразователя – 5 °С.

На рис. 3 представлены зависимости температуры нагрева магнитострикционного преобразователя от продолжительности его работы при различных температурах окружающей среды (1, 2, 3, 4, 5 – температура окружающей среды 15, 5, -5 , -15 , -25 °С соответственно).

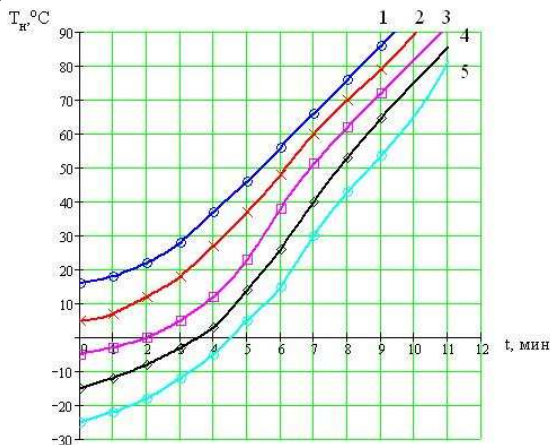


Рис. 3. Зависимости температуры нагрева магнитострикционного преобразователя от продолжительности его работы

Как видно из графика, время нагрева преобразователя до температуры 80 °С в зависимости от температуры окружающей среды составляет 8-11 минут. Чем ниже температура окружающей среды, тем больше продолжительность нагрева преобразователя. При раз-

ности температуры окружающей среды в 40 °С, изменение продолжительности нагрева преобразователя до 80 °С составляет 3 минуты.

На рис. 4 показаны зависимости изменения касательных напряжений сдвига грунта по металлической поверхности скольжения от изменения температуры поверхности контакта. Повышение температуры поверхности контакта от 0 до 80 °С уменьшает напряжение сдвига грунта по металлической поверхности скольжения в 2-2,2 раза при тепловом и ультразвуковом воздействии.

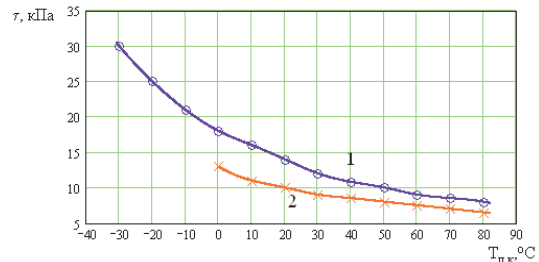


Рис. 4. Зависимости изменения касательных напряжений сдвига грунта по металлической поверхности от изменения температуры поверхности контакта (1 – нагрев ЭНГЛ-1 24В; 2 – с ультразвуковым воздействием от ПМЗ-4/18).

Ультразвуковое воздействие позволяет снизить адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин за счет теплового и вибрационного воздействий поверхности контакта. По сравнению с тепловым воздействием [2, 3] гибких ленточных электронагревательных элементов (ЭНГЛ-1) использование магнитострикционного преобразователя ПМЗ-4/18 при температуре поверхности контакта от 0 до 80 °С позволяет снизить напряжения сдвига на 15-35 %, причем, большее снижение наблюдается при температуре от 0 до 30 °С.

Литература

1. Зеньков С.А. Определение рациональных параметров оборудования интенсифицирующего действия к ковшам экскаваторов для снижения адгезии грунтов при отрицательных температурах: дис. ... канд. техн. наук: М., 1990. 246 с.
2. Зеньков С.А., Курмашев В.В., Красавин О.Ю. Применение гибких нагревательных ленточных элементов для снижения адгезии грунта к ковшам экскаваторов // Проблемы механики современных машин: материалы четвертой междунар. конф. Вост-Сиб. гос. тех. ун-та. Улан-Удэ, 2009. С. 67-73
3. Нечаев А.Н., Жидовкин В.В., Красавин О.Ю. Применение гибких нагревательных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам СДМ //Материалы II Всерос. науч.-техн. конф. Молодая мысль: наука, технологии, инновации. 2010. С. 154-158.

References

1. Zen'kov S.A. Assessment of rational parameters of intensifying action equipment to reduce soil adhesion against excavator buckets under negative temperatures: diss. ... kand. tekhn. nauk. M.: MADI, 1990. 246 p.
2. S.A. Zen'kov, V.V. Kurmashev, O.Yu. Krasavin. Application of flexible heating belt component parts to reduce soil adhesion against excavator buckets // Problemy mekhaniki sovremennykh mashin: materialy chetvertoy mezhdunarodnoy konferentsii / VSGTU. Ulan-Ude, 2009. T.4. 204 p.
3. Nechaev A.N., Zhidovkin V.V., Krasavin O.Yu. Application of flexible heating component parts to reduce soil adhesion against the operating members of road-building machines // Molodaya mysl': nauka, tekhnologii, innovatsii. 2010. P. 154-158.