DOI: 10.17117/na.2016.10.03.163

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.163.pdf>

Поступила (Received): 24.10.2016

Киргизов Р.С., Бакшеев Ю.К.

Обзор устройств для исследования на сдвиг грунтов при разработке их землеройными машинами

Kirgizov R.S., Baksheev Yu.K.

Overview of devices for the study of the shear soil in the development of earth-moving machines

В статье на основании патентного исследования приведен обзор существующих устройств и стендов для определения грунтов сопротивлению сдвигу. Дан анализ их достоинств и недостатков. Описаны наиболее удачные конструкции

Ключевые слова: адгезия грунта, когезия, сдвиговые устройства, сопротивление сдвигу грунта

In the article on the basis of patent research provides an overview of the existing devices and stands for determination of soil shear strength. The analysis of their strengths and weaknesses. We describe the most successful design

Key words: adhesion of soil, cohesion, shear device, shear resistance of the soil

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 Yury Konstantinovich

Student

Bratsk state university
Bratsk, Makarenko st., 40

Адгезионные явления вызывают резкое увеличение сил трения, составляющие 30-60% тягового усилия землеройных машин [1-25].

Адгезия – это явление возникновения связей, препятствующих взаимному разъединению двух разнородных тел (фаз), обусловленных взаимодействием поверхностных сил этих тел (фаз) при их соприкосновении.

Когезия, определяющая прочность тела (сопротивление разрыву), обусловлена сцеплением молекул, атомов, ионов в объеме данного тела.

Сдвиговой эффект адгезии (когезии) оценивается по величине отношения условно-мгновенного удельного коэффициента смерзания (УМУКС), за который принимают напряжение сдвига, соответствующее началу перемещения образца грунта относительно рабочей поверхности, определяемое по формуле [26,27]:

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

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

Для исследования сил сопротивления были разработаны специальные устройства – сдвиговые стенды и приборы. Они разделяются на 2 группы: стенды для сдвига грунта по грунту, для изучения когезионных явлений, и стенды для сдвига грунта по металлу или другим твердым материалам, для изучения адгезионных явлений.

Для изучения когезии и когезионных явлений используют стенды [28,29] для определения сопротивления грунта срезу (рис. 1,2).

Рис. 1. Устройство для определения сопротивления грунта срезу

Рис. 2. Устройство для испытания мерзлого грунта на сдвиг

Принцип действия у данных устройств примерно одинаков: в обоймы закладывается испытуемый грунт, устанавливается в рабочее положение и дополнительно прикладывается нагрузка определенной величины на верхнюю обойму, после чего производят сдвиг верхней обоймы относительно нижней с минимальной нагрузкой, необходимой для среза грунта внутри обойм. Данная нагрузка измеряется специальными датчиками или приборами. После чего рассчитывается напряжение сдвига или УМУКС.

Когезионные явления в основном исследуются для строительства, для землеройных машин более важен показатель адгезии.

Для изучения эффектов адгезии были разработаны специальные устройства и приборы для испытания грунтов на сдвиг по металлу или другим твердым материалам, которые часто используются на рабочих органах землеройных машин [30-33].

Один из представителей таких устройств – сдвиговой стенд (рис.3). Он относится к строительству и может быть использован для определения влияния различных факторов на напряжение сдвига различных материалов и грунтов по металлической поверхности при ультразвуковом воздействии, а также тепловом и др.

Стенд позволяет повысить эффективность испытаний путем моделирования в плоскости сдвига требуемого температурного режима с возможностью его регулирования.

Стенд сдвиговой содержит металлическую раму 1 с регулировочными винтами 2 и закрепленными на ней при помощи болтовых соединений 3 с возможностью вертикального перемещения направляющими 4, каретку 5, снабженную катками 6 и установленную подвижно в направляющих 4. Жестко закрепленный на каретке 5 источник 7 ультразвуковых колебаний, например магнитострикционный, с теплоизолированным корпусом 8 и излучающей поверхностью 9 и цилиндрическую обойму 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 раме 1 направляющей втулке 15 и соединена шарнирно с нагрузочным рычагом 16, на свободном конце которого подвешена подставка 17 со съемными (сменными) грузами 18. Обойма 10 без дна посредством шпилек 19 с гайками 20 с возможностью регулировки прикреплена к раме 1 и снабжена теплоизоляционным кожухом 21 и двумя болтами 22 для фиксации в ней съемного кольца 11. Кольцо 11 из пластмассы, например ударо-прочного полиэтилена высокого давления, выполнено с внутренним диаметром, равновеликим наружному диаметру штампа 12. Последний выполнен полым с отверстиями 23 и 24 с одной стороны для подвода и отвода хладагента и герметично закрыт крышкой 13. Теплопроводность материала крышки 13 больше теплопроводности материала штампа 12.

Сдвиговой стенд работает следующим образом. Каретку с источником ультразвуковых колебаний устанавливают за обойму в крайнее правое положение, а рычаг со штангой и штампом – в крайнее верхнее положение с фиксацией.

Рис. 3. Сдвиговой стенд (разрез, вид спереди, увеличенный вид ролика)

Кольцо с испытуемым материалом, например, грунтом, помещают в обойму и фиксируют болтами. Затем каретку устанавливают под центр кольца с испытуемым материалом. Ослабляют болтовые соединения и регулировочными винтами устанавливают направляющие так, чтобы излучающая поверхность стала параллельной съемному кольцу с материалом, а шпильками с гайками устанавливают зазор между ними для размещения теплоизоляционной прокладки. Затягивают болтовые соединения.

Посредством трехходового крана и теплоизолированных трубопроводов из емкости подают хладагент в полости штампа и корпуса, источника ультразвуковых колебаний, одновременно или раздельно (в зависимости от требуемых условий испытаний). Рычагом через штангу приводят крышку штампа (предварительно смазанную тонким слоем глицерина для предотвращения примерзания) в соприкосновение с испытуемым материалом. Между хладагентом и испытуемым материалом через крышку, выполненную из материала с теплопроводностью больше теплопроводности материала штампа, происходит теплообмен, при котором испытуемый материал охлаждается хладагентом до требуемой температуры. Подавая хладагент в полость корпуса, источника ультразвуковых колебаний, охлаждают до требуемой температуры металлическую излучающую поверхность.

После приобретения испытуемым материалом и металлической излучающей поверхностью требуемых величин температуры, рычаг переводят в крайнее верхнее положение, приподнимают обойму с кольцом и материалом, вращением гаек убирают теплоизоляционную прокладку. Опускают рычаг, который через штангу и штамп перемещает испытуемый материал в кольцо до соприкосновения его с излучающей поверхностью. Таким образом моделируют в плоскости сдвига требуемый температурный режим.

Температуру хладагента, определяющую требуемый температурный режим в плоскости сдвига, регулируют охладителем, например, жидким азотом, через который проходит хладагент.

Выдерживают требуемое по условиям испытаний время контакта между материалом и металлической излучающей поверхностью, фиксируя его таймером. Удельное давление испытываемого материала на металлическую излучающую поверхность источника ультразвуковых колебаний, передаваемое на испытываемый материал посредством штампа, штанги и нагрузочного рычага, устанавливают сменой съемных грузов на подставке.

На источник ультразвуковых колебаний подают питание от ультразвукового генератора и включают приводной механизм перемещения каретки. Параллельно осуществляют регистрацию напряжения сдвига материала комплектом тензометрической аппаратуры. Сдвиг происходит по поверхности контакта испытываемого материала и металлической излучающей поверхности. Требуемая для испытаний максимальная площадь этого контакта, равная площади внутреннего диаметра съемного кольца, обеспечивается установкой излучающей поверхности параллельно съемному кольцу с испытываемым материалом.

Техническим результатом изобретения является определение параметров сдвига грунта по поверхности сдвига при воздействии разных температурных режимов, влияющих на адгезию.

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., 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.
8. 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. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2014. Т. 1. С. 189-195.
9. 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. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2014. Т. 1. С. 195-202.
10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

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 Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 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., 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.

21. Зеньков С.А., Батуро А.А. Комбинированное устройство снижения адгезии грунта к ковшу экскаватора // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 76-78.

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., 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.

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., Товмасын Э.С. Математическая модель для определения параметров оборудования высокочастотного действия при проектировании ковшей экскаваторов // Современные проблемы теории машин. 2014. № 2. С. 41-44.

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. Серия: Естественные и инженерные науки. 2008. № 2. С. 137-140.

27. 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.

28. Трофимов В.И. Устройство для испытания мерзлого грунта на сдвиг: пат. 2291250 Рос. Федерация. № 2005113426/03; заявл. 03.05.2005; опубл. 10.01.2007, Бюл. № 1.

29. Александров В.М., Никитин В.В. Устройство для определения сопротивления грунта срезу: пат. 2094566 Рос. Федерация № 94010722/03; заявл. 25.03.1994; опубл. 27.10.1997, Бюл. № 5.

30. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Мунц В.В. Стенд для исследования влияния комбинированного воздействия на адгезию грунтов к землеройным машинам // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 15-18.

31. Баловнев В.И., Бакатин Ю.П., Зеньков С.А., Журавчук С.В. Сдвиговой стенд // патент на изобретение RUS 1310696 12.12.1985

32. Зеньков С.А., Кобзов Д.Ю., Курмашев Е.В. Стенд сдвиговый // патент на изобретение RUS 2460989 28.09.2010
33. Зеньков С.А., Булаев К.В., Батура А.А., Диппель Р.А. Стенд для исследования влияния интенсифицирующего воздействия на прочность смерзания грунта с металлической поверхностью рабочего органа // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 44-49.

© 2016, Киргизов Р.С., Бакшеев Ю.К.

Обзор устройств для исследования на сдвиг грунтов
при разработке их землеройными машинами

© 2016, Kirgizov R.S., Baksheev Yu.K.

Overview of devices for the study of the shear soil in
the development of earth-moving machines