РАЗДЕЛ III. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Зеньков С.А., Минеев Д.А.

Анализ теорий адгезии влажных связных грунтов к различным твердым поверхностям

Братский государственный университет
(Россия, Братск)

doi: 10.18411/sr-10-10-2017-03

idsp: 000001:sr-10-10-2017-03

Аннотация

Проведен анализ известных теорий адгезии влажных связных грунтов к различным твердым поверхностям. Выявлены определенные противоречия, объясняющие причины адгезии и ее зависимость от следующих факторов: шероховатости твердой поверхности, химического состава и величины гидрофобности материала рабочих органов машин, давления и времени прижатия, вида грунта, влажности и температуры в зоне контакта. Сделан вывод, что требуется проведение дополнительных экспериментов с целью устранения выявленных противоречий.

Ключевые слова: Адгезия, грунт, электромолекулярная теория, вакуумная теория, гидрофобность, шероховатость, производительность, эксперимент.

Введение. Разработка влажных грунтов связана с намерзанием и налипанием грунта на рабочие органы землеройных машин, что существенно снижает их производительность [1-35]. Перевозка глинистых минералов и горных пород, их содержащих, транспортом также влечет их прилипание и примерзание к металлическим поверхностям кузовов транспортных средств, что создает трудности при разгрузке.

Для решения проблемы предотвращения прилипания и примерзания глинистых минералов к рабочим органам землеройных машин и к поверхностям кузовов транспортных средств необходимо знание явлений, происходящих при соприкосновении рабочей поверхности и грунта.

Различные организации занимаются разработкой способов и устройств для борьбы с налипанием, однако как показывает практика ни одно из них не работает эффективно, что говорит о недостаточной изученности вопроса и отсутствии надежной модели исследования процесса прилипания глиносодержащих веществ к поверхности твердых материалов [12].

Постановка задачи. Проанализировать существующие теории адгезии влажных связных грунтов с твердыми поверхностями скольжения.

Решения задачи. Под адгезией (прилипанием) понимают явление возникновения поверхностных связей между контактирующими разнородными телами (фазами), препятствующих взаимному разъединению этих тел [13-14].

Многие исследователи, ссылаясь на электрическую теорию Дерягина – Кротовой, отмечают, что липкость – результат действия электромолекулярных сил в зоне контакта грунта с другими материалами [15].

Согласно Заднепровскому Р.П. [14] адгезия является отражением комплекса физических свойств системы грунт-вода-рабочая поверхность (фаз I-III-II) с учетом газовой фазы и определяется молекулярным и ионно-электростатическим взаимодействием фаз I-III и I-II.

Молекулярная теория прогнозирует уменьшение адгезии пород с гидрофобными материалами. В связи с этим одним из способов уменьшения адгезии считается применение покрытий контактирующей поверхности гидрофобными материалами.

Однако результаты исследований [16] показывают, что такой гидрофобный материал, как фторопласт обладает большей адгезией с грунтом, чем сталь, обработанная по 7-ому классу чистоты поверхности. Молекулярная теория предсказывает увеличение адгезии пленок с ростом температуры, однако у связных веществ с увеличением температуры адгезия уменьшается. Имеются и другие наблюдения, объяснить которые данной теорией пока не представляется возможным.

Согласно молекулярной теории липкость наряду с влажностью, давлением прижатия, временем действия нагрузки и видом грунта зависит от химического состава материала, контактирующего с веществом [14].

Корнет Э.А. после проведения экспериментов пришел к противоположному выводу [12]. Анализ результатов исследований показывает, что адгезия не зависит от химической природы твердых материалов, поверхности которых выполнены одинаковой шероховатости. Не влияет на величину адгезии и гидрофобность твердого материала.

В работе [17] отмечено, что поверхность каолинита исследовали с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ-220. Было выявлено, что данная поверхность представлена хаотически расположенными частицами, объединенными в агрегаты. Последние образуют множество выступов и полостей. Было высказано предположение, что указанные полости, стенки которых при нагружении твердым материалом испытывают упругую или упруго-пластическую деформацию, ведут себя как эластичные присосы, т. е. в полостях образуется давление разрежения газообразной фазы, которое и обуславливает адгезионную связь.

Рис. 1. Схема взаимодействия связного грунта с твердой поверхностью.

При наложении образца связного грунта 3 (рис. 1) на шероховатую поверхность твердого материала 4 в местах их контакта образуются полости 5 и 6. Некоторые полости, например 5, сообщаются с атмосферой, а другие, например 6, изолированы. За время нагружения глины силой прижатия микровыступы на ее поверхности частично деформируются. Воздух, заключенный в объеме полостей 5 и 6, в результате увеличившегося давления, частично выдавливается: из полостей 5 в атмосферу, а из полостей 6 по микротрещинам 1 вглубь глины, при этом выталкивается по микротрещинам 2 и жидкая фаза. Таким образом, при отрыве глины от поверхности твердого материала необходимо преодолеть давление разрежения воздуха в полостях 6, которое пропорционально силе отрыва. Микронеровности поверхности грунта работают как эластичные присосы.

По утверждению Корнета Э.А. [17], предложенный им механизм взаимодействия связного грунта с твердым материалом позволяет объяснить целый ряд фактов, противоречащих существующей молекулярной теории адгезии. Например, снижение адгезии с увеличением шероховатости твердой поверхности происходит потому, что при увеличении класса чистоты высота микронеровностей поверхности твердого материала (среднее арифметическое отклонение профиля) уменьшается. Это приводит к уменьшению объема полостей, образованных неровностями поверхности пластичного вещества и твердой поверхности. При нагружении образцов в меньших объемах полостей создается более высокое давление воздуха, а при отрыве – более высокий вакуум. Последнее и приводит к увеличению адгезии с уменьшением шероховатости твердого материала. Уменьшение адгезии с увеличением угла наклона контактирующих тел происходит из-за снижения степени деформации стенок полостей пластичного вещества, что приводит к уменьшению вакуума в данных полостях. При увеличении температуры прилипших образцов растет объем воздуха в контактных полостях. Это снижает степень разрежения воздуха в полостях, что приводит к уменьшению адгезии образцов.

Выводы. Рассмотренные теории имеют различные объяснения природы адгезии связных грунтов с твердой поверхностью. Сторонники электромолекулярной теории утверждают, что адгезия обусловлена действием электромолекулярных сил в зоне контакта грунта с другими материалами. В то же время Корнет Э.А. утверждает, что под прилипанием следует понимать физический процесс, заключающийся во взаимодействии микрополостей поверхностей контактирующих тел, которое обусловлено действием вакуумных сил. Эти теории имеют свое теоретическое и экспериментальное подтверждение, следовательно, полученные различные выводы, возможно, говорят о недостаточной изученности такого явления природы, как адгезия влажных связных грунтов к твердым рабочим поверхностям.

1. Абдразаков Ф.К. Одноковшовые экскаваторы могут работать производительнее // Механизация строительства. 1990. № 6. С. 16-17.
2. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Игнатьев К.А. Анализ возможного повышения производительности экскаваторов при устранении адгезии грунта к ковшу // Вестник МГСУ. 2014. № 2. С. 98-104.
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., Игнатьев 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.
5. 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.
6. Зеньков С.А., Игнатьев 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Определение производительности экскаваторов при снижении адгезии грунтов // Вестник Иркутского регионального отделения Академии наук высшей школы РФ. 2010. № 2 (17). С. 191-195.
11. 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.

12. Корнет Э.А. Адгезионные свойства руд Кривбасса и их влияние на параметры вибротранспортных машин и технологию выпуска: автореферат дис. ... доктора технических наук: Институт проблем комплексного освоения недр. – Москва, 1988. – 31 с.
13. Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смилга В.П. Адгезия твердых тел.-М.: Наука, 1973.-279 с.
14. Заднепровский Р.П. Адгезионные свойства глинистых пород и снижение трения и прилипания при их разработке.: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук.-Ленинград, 1085. – 38 с.
15. Зимон А.Д. Что такое адгезия. – М: Книжный дом «Либроком», 2013.- 176 с.
16. Ветров Ю.А., Кондра А.С. Результаты исследования липкости грунтов// Горные, строительные и дорожные машины. – Киев: Техника, 1972. – Вып. 14. – С. 12 – 17.
17. Корнет Э.А. Пути уменьшения прилипания пород к рабочим поверхностям горного и транспортного оборудования.// Горный журнал.1986. №12. С.50 - 52.
18. 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.
19. 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.
20. Заднепровский Р.П. Рабочие органы землеройных и мелиоративных машин и оборудования для разработки грунтов и материалов повышенной влажности. – М.: Машиностроение, 1992. 176 с.
21. 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.
22. 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.
23. Зеньков С.А., Игнатьев 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.
24. 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.
25. 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.
26. Зеньков С.А., Батуро А.А. Комбинированное устройство снижения адгезии грунта к ковшу экскаватора // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 76-78.
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. Серия: Естественные и инженерные науки. 2011. Т. 2. С. 88-92.
28. 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.
29. Зеньков С.А., Игнатьев 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.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.