

В. В. Голдыбан

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: labpotato@mail.ru*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОНИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПРИ РЕШЕНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Аннотация. В статье рассмотрена проблема почвенной адгезии в растениеводстве и пути ее решения. Предложено применение морфологически негладких и электроосмотических поверхностей для снижения адгезии и ее последствий.

Ключевые слова: земледельческая механика, бионика, адгезия, трение, обработка почвы.

V. V. Goldyban

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: labpotato@mail.ru*

THE USE OF BIONIC PRINCIPLES IN SOLVING PROBLEMS OF TILLAGE MECHANICS

Abstract. The article considers the problem of soil adhesion in crop production and ways to solve it. The use of morphologically non-smooth and electroosmotic surfaces to reduce adhesion and its consequences is proposed.

Keywords: tillage mechanics, bionics, adhesion, friction, tillage.

Введение

В процессе эксплуатации почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин к их рабочим поверхностям прилипает почва, что значительно затрудняет работу машин из-за возникающих сил адгезии на границе металл – почва. Почвенная адгезия приводит к росту тягового сопротивления при вспашке свыше 30 %, увеличивая потребление энергии в сельском хозяйстве от 30 до 50 %, а также к сокращению сроков появления всходов.

Почвенная адгезия обуславливается наличием пленок связанной воды, способных одновременно взаимодействовать частицами почвы и поверхностями соприкасающихся с ними рабочих органов (на глинистых почвах примерно 75–80 % объема пор заполнено водой, на тяжелых суглинистых – 67–75, на легкосуглинистых – 50–60, на супесчаных – 40–50, на песчаных – 25–20 %).

Вероятность прилипания почвы к рабочим органам почвообрабатывающих машин определяется степенью ее увлажнения. Удельный вес переувлажненных почв (полугидроморфных и гидроморфных) в составе сельскохозяйственных земель республики составляет 65,4 %. По областям этот показатель изменяется от 52,3 % в Гродненской области до 79,6 % в Брестской. Значительные площади полугидроморфных и гидроморфных почв характерны для Гомельской (71,1 %) и Витебской (70,6 %) областей [1].

В период осенних и весенних полевых работ переувлажненные дождями почвы из-за прилипания к рабочим органам ухудшают качественные показатели работы машин, увеличивая общую энергоемкость процесса.

Сегодня проблема адгезии рассматривается в качестве одной из ключевых не только в сельском хозяйстве, но и в различных областях промышленности, медицины, в строительстве, привлекая усилия большого количества исследователей на ее решение.

Основная часть

В начале XX в. были проведены обширные фундаментальные исследования механизма адгезии, предложено большое разнообразие теорий и методологий, а также интерпретаций явления адгезии. Эти исследования были основаны на большом количестве экспериментальных наблюдений, отраслевой практике и экспериментальном анализе.

Основополагающими для понятия сущности адгезии стали исследования Фонтейна и Акиямы. Так, Фонтейн показал, что водная пленка играет доминирующую роль при возникновении адгезии почвы. Адгезия почвы как сила на единицу площади, вызванная водной пленкой, равна напряженности влаги. Адгезия велика при очень тонкой водной пленке и наоборот.

Акияма и Йокои исследовали непрерывную водную пленку и контактные состояния менисков воды в почве на границе соприкосновения. Они считали, что капиллярное давление водной пленки было источником адгезии почвы при контактном состоянии непрерывной пленки, а капиллярное давление и поверхностное натяжение – источником сцепления почвы.

На самом деле, как напряженность водной пленки, так и капиллярное давление обусловлены поверхностным натяжением водной пленки или менисков воды и, следовательно, выводы, сделанные Фонтейном, Акияма и Йокои, были сходными, так как все они указывали на важное воздействие поверхностного натяжения воды на адгезию почвы.

Эти углубленные исследования механизма адгезии значительно продвинули исследования улучшения антиадгезионных свойств различных материалов. Были разработаны различные новые методы повышения антиадгезионных свойств для почвообрабатывающих, землеройных и дорожных машин. Эти методы учитывали структурные особенности и условия работы взаимодействующих с почвой элементов, например: методы разогрева и заполнения газом или жидкостью, электроосмос разъединительного типа, механические способы, модификацию поверхности формы и материалов.

Во всем мире деятельность, связанная с теоретическими исследованиями и техническими разработками, стимулируется в значительной степени, например: российские ученые провели исследования антиадгезионных свойств наземных машин и гражданских инженерных машин; исследователями в Европе была предпринята попытка разработать ковш экскаватора с изогнутой поверхностью с антиадгезионными свойствами; японские ученые проводят исследования антиадгезионных свойств с использованием ультразвука; американские исследователи предприняли попытку провести очистку поверхности с помощью лазерной техники; немецкие ученые разрабатывают новые материалы с антиадгезионными свойствами.

В ходе реализации проектов заданий 4.1 «Разработка на основе элементов бионики теоретических основ к созданию антиадгезионных и антифрикционных поверхностей рабочих органов машин для возделывания корнеклубнеплодов» и 4.24 «Исследование электроосмоса и оценка его эффективности в уменьшении тягового усилия при обработке почвы» ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства на 2016–2020 годы» подпрограммы «Механизация и автоматизация процессов в АПК» в направлении улучшения антиадгезионных свойств нами определен ряд узких мест, которым уделено мало внимания, а именно: изучению морфологии негладкой поверхности и электроосмоса поверхностного типа как бионических механизмов исключительных антиадгезионных характеристик почвенных животных и их приложению к рабочим органам почвообрабатывающих машин [2–5].

С целью снижения почвенной адгезии при проектировании рабочих поверхностей почвообрабатывающих и посадочных машин нами исследованы и заимствованы принципы построения поверхности кутикулы почвеннороющих животных, которые благодаря наличию выпуклых куполов (бугорков), ямочек (впадин), всевозможных видов тиснения, чешуек и гребней, расположенных регулярно либо случайно, обладают способностью полностью предотвращать налипание почвы к их телам [2, 3].

Взаимодействие между негладкой поверхностью тела и почвой производит эффект микровибрации, прерывистый эффект водной пленки и эффект воздушной пленки на границе соприкосновения, что не только уменьшает площадь контакта и статическое время контакта, но и приво-

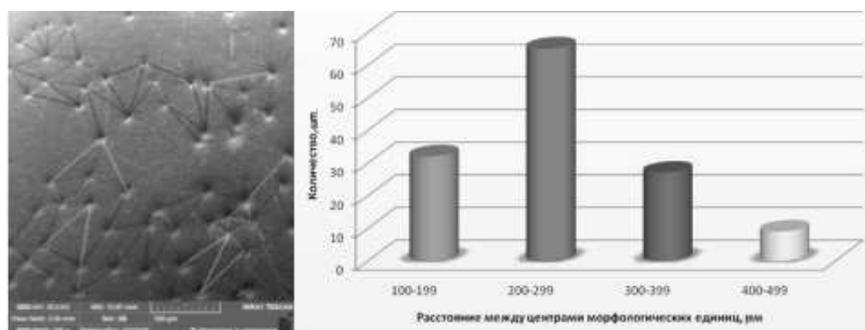
дит к прерывистому распределению водной пленки, образуя несколько воздушных пленок на границе соприкосновения между телом животного и почвой. В результате как адгезионные силы, так и силы трения между поверхностью тела животного и почвой уменьшаются.

С помощью растрового электронного микроскопа нами изучены бионические прототипы почвеннороющих насекомых с целью создания теоретических основ проектирования антиадгезионных и антифрикционных поверхностей рабочих органов машин. Выявлены наиболее характерные элементы покрова насекомых, облегчающие их перемещение в почве и предотвращающие налипание почвы к телам. Обоснованы основные геометрические параметры бионических элементов рабочих поверхностей и определена их планарная плотность. Проведено моделирование взаимодействия рабочих органов с исследуемой средой и оценено влияние их основных параметров на энергетику и качественные показатели технологического процесса. Разработаны и изготовлены экспериментальная установка и образцы рабочих органов, позволившие экспериментально подтвердить снижение до 15 % тягового сопротивления по сравнению с гладкой поверхностью (рис. 1).

Еще одним механизмом антиадгезии является биоэлектрический потенциал, существующий на поверхности почвенных животных. Когда почвенное животное находится в контакте с почвой, микроскопическая электроосмотическая система образуется между подвижными частями тела и другими неподвижными частями поблизости. В результате вода из почвы под действием разности потенциалов перемещается в зоны контакта, пленка воды на контактной поверхности становится толще, а налипание грунта на поверхность тела уменьшается за счет смазки.

Явление поверхностного электроосмоса разъединительного типа, присущее биологическим организмам, было использовано нами для создания электроосмотических поверхностей с очень низким напряжением на электродах, для снижения адгезии и сопротивления трению окружающей почвы [4, 5].

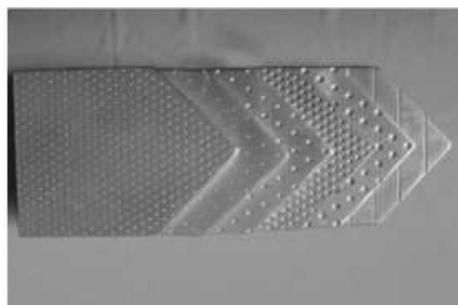
С целью проверки эффективности применения электроосмоса разъединительного типа к проектированию антифрикционных поверхностей почвообрабатывающих машин нами изготовлены экспериментальная установка и образцы тестируемых поверхностей.



a



б



в



Рис. 1. Разработка антиадгезионных и антифрикционных рабочих поверхностей почвообрабатывающих машин: *a* – к определению расстояния между морфологическими единицами; *б* – экспериментальная установка; *в* – образцы исследуемых рабочих органов [2, 3]

Наибольшее снижение потребной мощности на преодоление трения почвы о диск посредством электроосмоса получено для диска со вставками-анодами диаметром 2 и 10 мм при напряжении электроосмоса 30 В и силе тока 0,35 А. При этом мощность на трение снижается на 34 % – с 230 до 153 Вт (рис. 2). Установлено, что при увеличении напряжения электроосмоса с 30 до 60 В потребная мощность на преодоление трения снижается на 25 % – с 230 до 174 Вт, что составляет 25 %.

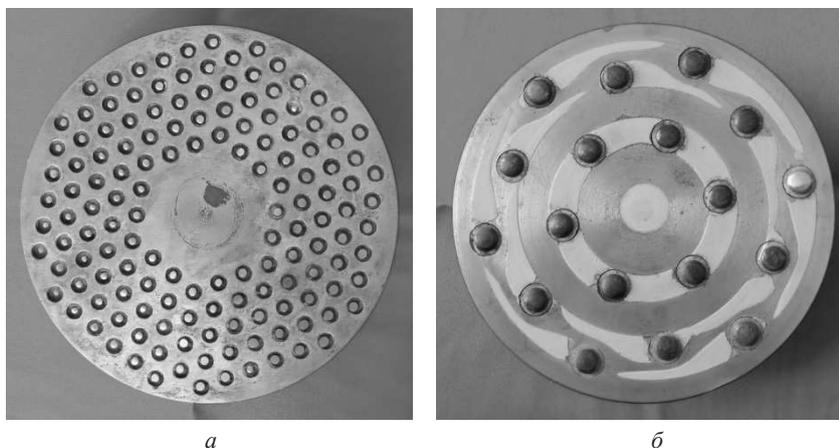


Рис. 2. Диски с электроосмотической поверхностью: диаметр электродов – 2 мм (а) и 10 мм (б); расстояние между электродами – 10 мм (а) и 30 мм (б)

При подключении отрицательного полюса к диску, а положительного полюса к вставкам-электродам (диаметром 10 мм) при напряжении электроосмоса 30 и 60 В эффект от электроосмоса незначительный: мощность на преодоление трения металлического диска о почву снижается лишь на 6 и 5 % соответственно. Уменьшение диаметра вставок-электродов до 2 мм и расстояния между ними до 10 мм показало положительный эффект по снижению трения диска о почву только для напряжения электроосмоса 30 В. Так, потребную мощность на преодоление трения удалось снизить при прямой полярности электродов на 22 %, а при обратной – на 13 %.

Заключение

Проблема адгезии и сопротивления, с которой столкнулись почвообрабатывающие орудия и машины, является общей технической проблемой в сельском хозяйстве и во многих других областях техники. Явление адгезии между рабочими поверхностями почвообрабатывающих машин и почвой повышает их рабочее сопротивление и потребление энергии, снижает качество их работы. Для влажной почвы адгезия является результатом действия в почве капиллярного давления и вязкого сопротивления водяной пленки на границе раздела, для сухой – сил межмолекулярного притяжения и отрицательного давления воздуха. Обычные методы снижения адгезии почвы включают выбор формы поверхности и отделочных материалов, применение электроосмоса, магнитного поля, вибрации и смазки.

Почвенные животные демонстрируют исключительные антиадгезионные способности и функции снижения сопротивления. Эти живые организмы наделены исключительными и идеальными механизмами борьбы с прилипанием различных веществ к их телам.

Список использованных источников

1. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В. Г. Гусаков [и др.] ; под. ред. В. Г. Гусакова ; Нац. акад. наук Беларуси, Мин-во сельского хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. комитет по имуществу Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 106 с.
2. Голдыбан, В. В. Экспериментальные установки для исследований по земледельческой механике / В. В. Голдыбан // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2020. – Вып. 53. – С. 66–71.

3. Голдыбан, В. В. К разработке на основе элементов бионики антиадгезионных и антифрикционных поверхностей почвообрабатывающих машин / В. В. Голдыбан // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва», Минск, 18–20 окт. 2017 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сел. хоз-ва ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2017. – С. 298–306.

4. Голдыбан, В. В. Снижение сил резания при почвообработке с помощью бионического метода электроосмоса / В. В. Голдыбан, А. Н. Антоненко, К. Н. Мисников // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня рожд. акад. М. Е. Мацепуро, Минск, 17–18 окт. 2018 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сел. хоз-ва ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2018. – С. 275–280.

5. Ветохін, В. Використання природних аналогів при проектуванні процесів та знарядь обробітку ґрунту / В. Ветохін, В. Голдыбан // Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій : тези наук. доповідей XIX Міжнар. наук. конф., присвяч. 85-річчю від дня народж. акад. Л. В. Погорілого та 150-річчю від дня народж. проф. К. Г. Шиндлера / редкол.: В. Кравчук (гол. ред.) [та ін.]. – Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2019. – С. 17–19.