

Применение полимерных материалов в конструкции бороздообразующих рабочих органов посевных машин для работы в условиях повышенной влажности почвы

А.Х. Габаев, к.т.н., ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ

Зерновые сеялки с двухдисковыми и однодисковыми сферическими сошниками при работе в условиях повышенной влажности почвы зачастую теряют работоспособность вследствие залипания рабочих поверхностей влажной почвой, что приводит к нарушению агротехнических требований к посеву [1–7]. Кроме того, в результате потери работоспособности сошников значительно увеличивается тяговое сопротивление агрегата, а на отдельных видах почв работа вовсе становится невозможной. Данная проблема вызывает необходимость поиска новых конструктивных решений, которые могут позволить качественно выполнить технологический процесс посева в условиях повышенной влажности почвы.

Цель исследования – раскрыть условия работы заделывающих органов посевных машин, провести анализ особенностей работы бороздоформирующих рабочих органов посевных машин в условиях повышенной влажности почвы, наметить пути решения проблемы и предложить новые конструктивные решения по повышению их работоспособности в условиях повышенной влажности почвы.

Материал и методы исследования. Анализ процесса образования борозды для семенного ложа в зависимости от свойств почвы и конструктивных параметров бороздоформирующего рабочего органа зерновой сеялки, а также его энергетическая оценка проведены в научно-исследовательской лаборатории Кабардино-Балкарского ГАУ. С этой целью были изготовлены экспериментальные бороздоформирующие рабочие органы с использованием в их конструкции полимерных материалов с гидрофобными свойствами (рис. 1) [8, 9].

Результаты исследования. Снижение энергоёмкости механической обработки почвы обусловлено прочностными свойствами почвы и её влажностью. Наименьший предел прочности почвы соответствует деформации растяжения при влажности почвы 18–25%, который в 5–10 раз ниже, чем предел прочности при сопротивлении деформациям других видов. При изменении влажности почвы на 5–10% предел прочности при сопротивлении деформации одного и того же вида изменяется в несколько раз. Анализируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что тяговое сопротивление агрегата минимально при обработке почвы путём приложения к ней сил деформации растяжения при определённом значении её влажности [10, 11]. Однако рабочих органов посевных машин, оказывающих при работе на почву деформацию растяжения, практически не существует. Подавляющее большинство рабочих

органов посевных машин воздействует на почву, вызывая при этом деформацию сжатия (смятия) или сдвига.

Максимальное (предельное) значение касательного напряжения при разрушении образца почвы путём сдвига можно определить по формуле Кулона:

$$\tau_{пред} = C_0 \operatorname{tg} \varphi = C_0 + f \sigma, \quad (1)$$

где C_0 – коэффициент сцепления почвы;

σ – нормальное давление;

φ – угол внутреннего трения (почвы по почве);

f – коэффициент внутреннего трения.

Коэффициент сцепления C_0 – это величина касательного напряжения, требуемого для разрушения связей почвы в плоскости среза. На значение коэффициента C_0 не оказывает влияние значение нормального давления σ . Соответственно C_0 варьирует в довольно в широких пределах: для сухих песчаных почв средней связности они равны 0,5–1,0 Н/см², для глинистых почв повышенной влажности – 6–9 Н/см². Значения τ соответственно составляют для лёгких и средних почв повышенной влажности 1–3 Н/см², для сухих тяжёлых – 6–9 Н/см². Формула Кулона в данной редакции применима для почв средней связности. Применительно к несвязным песчаным почвам её можно представить в виде:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

т.е. в данном случае угол внутреннего трения оказывает основное влияние на сопротивление сдвигу. Тяговое сопротивление агрегата при обработке почвы путём деформации смятия зависит от свойства почвы оказывать сопротивление данному виду деформации. При равных значениях величины деформаций сдвига и уплотнения для деформации сдвига требуется затрат энергии в 2 раза больше,



Рис. 1 – Экспериментальный бороздоформирующий рабочий орган в почвенном канале

чем при деформации уплотнения. Принимая во внимание то, что между тяговым сопротивлением почвообрабатывающей машины и свойствами почвы, в частности сопротивлением смятию, имеется непосредственная связь, при модернизации и проектировании новых почвообрабатывающих рабочих органов сельскохозяйственных машин следует обращать внимание на вышеперечисленные аспекты.

На тяговое сопротивление агрегата значительное влияние оказывает сила трения, зависящая от фрикционных свойств поверхностей рабочих органов почвообрабатывающей машины и почвы. Следовательно, в зависимости от прилагаемого к почвообрабатывающему орудью силы величина силы трения варьирует от нуля до своего предельного значения ($0 \leq F_{mp} \leq F_{mp.max}$). Своих предельных значений сила трения достигает при перемещении относительно друг друга, рабочих поверхностей орудия и частиц почвы, скольжением. В этом случае её численное значение можно определить по формуле Амонтона:

$$F_{mp} = fN \text{ или } F_{mp} = N \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения;

φ – угол трения;

N – сила нормального давления.

Таким образом, сила трения прямо пропорциональна силе нормального давления N , зависит от фрикционных свойств трущихся поверхностей (значения f или φ) и направлена в сторону, противоположную относительному перемещению трущихся тел. На величину силы трения не влияют площади трущихся поверхностей. Принято различать величины коэффициента трения покоя и угла трения покоя (в начале движения, при переходе от состояния покоя к движению) и движения. Последние всегда меньше первых. Установлено, что значения коэффициента трения и угла трения зависят не только от материала и состояния трущихся поверхностей, но и от скорости их относительного движения (с увеличением скорости уменьшаются).

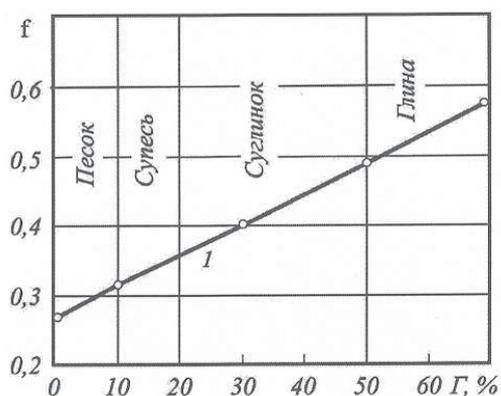


Рис. 2 – Зависимость коэффициента трения почвы от содержания физической глины

Коэффициент трения почвы как величина переменная зависит от многих факторов, в том числе от влажности и механического состава почвы.

По Н.В. Щучкину, коэффициент трения глинистой почвы выше в 2 раза по сравнению с коэффициентом трения песчаной (рис. 2). Кроме того, с увеличением дисперсности почвы коэффициент и угол её трения увеличиваются.

Значительное влияние на коэффициент трения оказывает также влажность почвы W_a (рис. 3).

При относительно низком содержании влаги в почве она не поступает к рабочим поверхностям почвообрабатывающего орудия и соответственно не оказывает влияния на процесс трения. Происходит сухое трение, и коэффициент трения в данном случае не зависит от влажности почвы (горизонтальные участки кривых на рис. 3). При повышении влажности почвы возникают силы молекулярного притяжения между почвенной влагой и материалом рабочей поверхности почвообрабатывающего орудия, и процесс переходит в фазу внешнего трения, т.е. прилипания. При этом наблюдается существенное увеличение коэффициента трения (восходящие участки кривых на рис. 3). При значениях абсолютной влажности почвы, равных 3–40% (в зависимости от механического состава почвы), значения коэффициента трения достигают своего максимума. В случае, если содержание влаги в почве достаточно высоко и обеспечивается постоянный её приток к поверхности рабочего органа почвообрабатывающей машины, то влага в данном случае оказывает смазывающее воздействие, и процесс вступает в фазу, когда внутреннее трение между слоями влаги и коэффициент трения резко снижаются (нисходящие участки кривых на рис. 3). Для проведения приближённых ориентировочных расчётов, т.е. без учёта механического состава и влажности почвы значения коэффициентов, как правило, принимают равными $f=0,5$ и $\varphi=25-31^\circ$.

Выводы. В результате лабораторных экспериментов установлено, что сила прилипания почвы достигает максимального значения у необрабо-

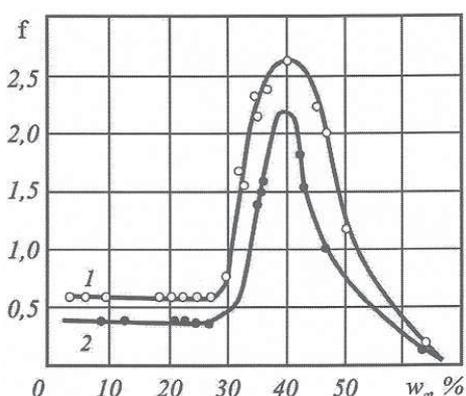


Рис. 3 – Зависимость коэффициента трения почвы от влажности:

1 – почвы о сталь; 2 – почвы о фторопласт

танной стальной поверхности, в 2 раза меньше – у полиэтилена, минимальное значение – у фторопласта – в 3,5 раза меньше. Также выявлено, что сила прилипания с повышением влажности постепенно увеличивается, после чего проходит через максимум около 36%, затем идёт на спад.

На основе проведённого исследования предложена новая технология формирования бороздки для семян, включающая в себя срезание пожнивных остатков и комков почвы на поверхности поля, образование в почве борозды клиновидной формы с уплотнёнными стенками и дном путём прорезания слоя почвы и смятия её на заданную глубину.

Для осуществления предложенной технологии разработан бороздообразующий рабочий орган.

Литература

1. Хахов М.А., Каскулов М.Х. Исследование процесса работы ребристых катков посевной машины // Известия Кабардино-Балкарского научного центра НЦ РАН. 2003. № 1 (9). С. 31–34.
2. Бабаков В.Ф., Березук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. М.: Высшая школа, 1986. 328 с.
3. Каскулов М.Х. Исследование и обоснование параметров сошников сеялок для работы на повышенных скоростях // Труды ВИСХОМ. 1973. Вып. 75. С. 118–122.
4. Мисиров М.Х., Габаев А.Х. Деформации почвы при обработке двухгранным клином // Материалы межвузовской науч.-практич. конф. студентов и молодых учёных. Нальчик, 2009. С. 131–134.
5. Горячкин В.П., Гранвуане А.Х. Теоретическое обоснование сеялок культиваторов. М.: Колос, 1986. 358 с.
6. Габаев А.Х. Влияние свойств почвы на процесс образования бороздки для семян // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 67–71.
7. Каскулов, М.Х., Габаев А.Х. Агротехническая оценка работы экспериментальной сеялки с фторопластовыми бороздообразующими накладками // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета. 2015. № 1. С. 35–38.
8. Пат. 2511237 Российская Федерация, МПК7 А01С7/00. Устройство для посева семян зерновых культур / М.Х. Каскулов, А.Х. Габаев, А.К. Апажев, И.А. Атмурзаев, Ш.М. Гаев, А.Ш. Тешев, В.Х. Мишхожев; заявит. и патентообладатель: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия имени В.М. Кокова». № 2012153090/13; заявл. 07.12.2012; опубл. 10.04.2014. Бюл. № 10. 6 с.
9. Пат. 2631465 Российская Федерация, МПК7 А01С7/00. Устройство для посева семян зерновых культур в условиях повышенной влажности почвы рядовым и узкорядным способами / М.Х. Каскулов, А.Х. Габаев; заявит. и патентообладатель: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». №2016148797; заявл. 12.12.2016; опубл. 22.09.2017. Бюл. №27. 5 с.
10. Нам А.К., Габаев А.Х. Модернизация бороздообразующих рабочих органов посевных машин для работы в условиях повышенной влажности почв // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. СПб., 2016. № 44. С. 277–281.
11. Габаев А.Х. Конструктивно-технические решения повышения эффективности работы сеялки в условиях повышенной влажности почв: дис. ... канд. техн. наук. Нальчик, 2017. 143 с.