

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Бартенева Ивана Михайловича на диссертацию Котельникова Антона Владимировича «Разработка и обоснование циклоидальных штанговых рабочих органов для обработки почвы», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

1. Актуальность исследований

Основная обработка почвы, которая проводится ежегодно, является наиболее энергоёмкой операцией. На её долю приходится около половины всех затрат, связанных с выращиванием сельскохозяйственных культур. Получение высоких урожаев во многом зависит от качества обработки почвы при вспашке или глубоком рыхлении, от степени поддержания её в рыхлом состоянии и чистом от сорняков в процессе многократно повторяющихся агротехнических уходов. Поэтому вопросы повышения качества основной и дополнительной или поверхностной обработки почвы всегда были и являются целью и задачами многих научных исследований и конструкторских разработок в течение не менее двух последних столетий.

Однако, несмотря на это, в большинстве конструкций почвообрабатывающих орудий форма и параметры подобраны, исходя из деформации и рыхления почв за счёт сжатия, образования уплотнённого ядра перед рабочей поверхностью, вызывающего в конечном итоге сдвиг, скалывание и дробление почвенных отдельностей. Сопротивление почв сжатию в кратное число раз больше сопротивления растяжению. При этом виде деформации, особенно в случае глубокой обработки почвы, не используются такие факторы, как наличие в почвах пор, пустот и трещин, заполненных воздухом, сумма которых образует в пласте сечения слабых связей.

Рецензируемая диссертационная работа направлена на решение проблемы создания неэнергоёмких технологий и рабочих органов обработки

почвы, и поэтому тема диссертации актуальна.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Изучая научно-производственные предпосылки создания циклоидальных рабочих органов для обработки почвы, автор приводит краткий анализ совершенствования форм рабочих органов от примитивных до современных и заключает, что конфигурация рабочих поверхностей должна иметь теоретическое обоснование для выполнения полевой операции с наилучшим качеством и с минимальными затратами энергии. Своё теоретическое обоснование он начинает с описания свойства математической кривой (циклоиды), которое заключается в наименьшем сопротивлении движущемуся по ней телу. Гипотеза о том, что это свойство придаст циклоидальной форме рабочей поверхности стойки наименьшее сопротивление в почве послужила обоснованию направления исследования. Теоретический анализ циклоиды и её радиусов кривизны показал, что она по сравнению с другими тремя типами кривых меньше изгибает почвенный пласт, движущийся по ней в процессе обработки почвы. Автор предложил напряжение сжатия пласта от изгиба считать аналогичным удельному сопротивлению почвы смятию. Этот метод расчёта оказался правомерным, так как при меньшем радиусе кривизны не весь криволинейный участок стойки работает со скольжением пласта. Если скольжения нет, то удельное сопротивление почвы смятию проявляется в полной мере, и энергетические затраты увеличиваются. Это дало возможность рассчитывать рабочее сопротивление стоек с различной конфигурацией и сопоставить результаты для выявления преимущества циклоидальной формы.

Экспериментальная проверка тягового сопротивления циклоидальных стоек проведена в полевых условиях на Центрально-Чернозёмной МИС при глубокой обработке почвы методом щелевания: Были использованы серийные почвообрабатывающие орудия с различными типами стоек. Результаты

испытаний подтвердили теоретические расчёты: циклоидальные стойки со штангой при работе на глубину 38 ... 43 см показали тяговое сопротивление в среднем 6,87 кН, что на 15,5% меньше, чем у радиальной, и на 24% меньше, чем у прямолинейной вертикальной стойки. С увеличением скорости движения эта разница становится ещё больше. Агротехнические показатели при использовании циклоидальных стоек находятся в допустимых пределах. Положительные результаты экспериментальной проверки теоретических предпосылок позволили определить рациональные конструктивные параметры рабочего органа и разработать методику проектирования лобовой поверхности для различной толщины почвенных пластов.

Для поверхностной обработки почвы с целью рыхления, создания семенного ложа и борьбы с проростками сорняков автор исследует предложенную им конструкцию заторможенного роторно-пруткового рыхлителя. Прутковые катки известны давно, они применяются для уплотнения почвы, разбивания глыб, выравнивания поверхности, и этим их роль заканчивается. Но если такой каток заторможен какой-либо, например, цепной передачей, он приобретает возможность создавать семенное ложе для посева культуры, рыхлить почву и выбрасывать проростки сорняков на дневную поверхность. Вот эти новые его возможности и явились одним из предметов исследования автора. В диссертации исследованы скорости движения слоёв почвы, прилегающие к штанге стойки или к пруту ротора с двух сторон, толщина взрыхленного слоя, траектория движения рыхлящих прутьев, агротехнические показатели работы опытных рыхлителей и их энергетические затраты. При изучении толщины активного слоя почвы и движения частиц в нём автор предложил считать скорость контактирующего с прутком слоя равной скорости движения прута. По мере удаления от прута скорости слоёв почвы уменьшаются, асимптотически приближаясь к нулю. Снижение скорости происходит по закону показательной функции $v = v_a \cdot e^{-kc}$ с градиентом затухания скорости $k = 0,27$. Этот теоретический вывод подтверждён в лабораторных опытах на специальном стенде. По своим размерам и техническому оснащению

стенд полностью имитировал реальную работу прута в полевых условиях, была обеспечена наглядность движения слоёв и измерение показателей.

Теоретические исследования процесса взаимодействия движущегося прута с почвой выявили, что сепарирующий ротор должен двигаться с коэффициентом скольжения 0,5-0,75. Исходя из этого, подбирается передаточное отношение цепной передачи. Обоснован диаметр прутьев, зависящий от средней длины проростков сорняков и их коэффициента трения о прут. Рекомендуемый диаметр должен быть равен 15-25 мм. Агротехнические и энергетические показатели работы роторно-прутковых рабочих органов определены экспериментально в полевых условиях при использовании экспериментальных орудий, изготовленных на Грязинском культиваторном заводе в промышленном варианте. По данным автора, сепарирующие роторы соответствуют требованиям для предпосевной обработки почвы. На предпосевной подготовке почвы под озимые культуры на зяби и парах массовая доля комков размером до 10 мм составила 96%, а размером 10-20 мм – 4%. Глубина обработки составила 7,5 см. Полученные энергетические показатели подтверждают, что затраты мощности на одну секцию сепарирующего ротора шириной захвата 1,4 м увеличиваются от 11,9 до 25,2 кВт при увеличении скорости агрегата от 7,2 до 12,9 км/ч. Расхождение расчётных и опытных данных не превышают 10 % во всём диапазоне скоростей движения агрегата. В качестве комментария к энергетическим показателям можно указать, что предпосевная обработка почвы под пропашные культуры роторно-прутковым агрегатом с шириной захвата 5,6 м на скоростях до 10 км/ч может проводиться трактором тягового класса 1,4.

Отдельными разделами представлены методика графоаналитического расчёта рабочих органов с построением их конструктивных схем и экономическое обоснование целесообразности их разработки. Методика расчёта обоснована результатами теоретических и экспериментальных исследований, а экономический анализ подтверждает полезность внедрения новых рабочих органов, так как затраты на их изготовление и эксплуатацию окупаются ме-

нее, чем за один год.

3. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Впервые доказано, что при глубоком рыхлении почвы по типу чизелевания, щелевания или обработки долотообразными лапами рабочая поверхность инструмента имеет наименьшее тяговое сопротивление, если она выполнена в форме брахистохроны, то есть кривой с наивысшей скоростью перемещения по ней катящегося или скользящего тела в гравитационном поле. Новизна практического применения этого положения подтверждается патентом РФ № 2475007 на изобретение.

Для поверхностного рыхления почвы, применяемого при уходе за парами и в качестве предпосевной обработки впервые предложен новый способ технологического воздействия на почву путём перемещения штанги или прутка по траектории удлинённой циклоиды (трохоиды) на глубине предстоящей заделки семян. Разработано новое почвообрабатывающее орудие – роторно-прутковый заторможенный рыхлитель со значительно большим технологическим эффектом, чем культиватор с пассивными лапами, так как оно формирует уплотнённое ложе для укладки семян, рыхлит верхний слой почвы, выбрасывает проростки сорняков на дневную поверхность и идеально выравнивает поверхность поля перед посевом. Новизна конструкции и способа обработки подтверждена патентом РФ № 2474100 на изобретение.

Новизна технологии обработки и конструкции рабочих органов предопределила и новизну теоретических исследований по тяговому сопротивлению рабочих органов, по обоснованию процесса формирования активного слоя почвы при движении штанги в сыпучей среде, отличающиеся получением зависимостей скоростей и перемещений разноудалённых от штанги слоёв.

4. Практическая значимость результатов исследований

Результаты диссертационного исследования имеют практическую значимость. На их основе может быть промышленно освоен выпуск более эко-

номичных почвообрабатывающих орудий с широким применением при минимальной и традиционной обработках почвы. Конструктивные параметры, методы их расчёта, технические задания и агротехнические требования на циклоидальные рабочие органы переданы Белгородскому ОАО «Белагрошсервис», Грязинскому культиваторному заводу, Орловскому заводу им. Медведева для промышленного освоения и производства новой техники.

Замечания по диссертации:

1. Название работы следовало бы изложить в редакции: «Разработка и обоснование циклоидальных почвообрабатывающих рабочих органов», поскольку стойки глубокорыхлителя не относятся к штангам.

2. Недостаточно четкости и обоснованности решаемой проблемы и ее актуальности.

3. В первом разделе «Научно-производственные предпосылки создания циклоидальных рабочих органов для обработки почвы» нет анализа развития роторно-прутковых рабочих органов» можно было сократить обширный анализ создания традиционных рыхлящих рабочих органов и привести разновидности катков с тем, чтобы показать актуальность исследования заторможенных прутковых роторов.

4. Кинематический анализ траектории движения прутков в разделе 2.4 «Компоненты энергосбережения и оценка энергозатрат на экологически безопасную обработку почвы» на с.51-53 не доведен до расчета высоты остаточных гребешков необработанной почвы. Если это орудие готовит почву к посеву пропашной культуры, то при посеве семена должны укладываться на ровное уплотненное ложе, под которым находится неразрушенная капиллярная система, подводящая влагу к семенам в засушливую весну. Остаточную гребешки ухудшают равномерность глубины заделки, и это отрицательное качество предлагаемого орудия следует минимизировать.

5. Есть теория и опыты по движению слоев, но не показано, как влияет

вмонтированная в стойку штанга на зону распространения деформации в почве и на сепарирующую способность прутьев ротора по выбрасыванию проростков сорняков.

6. В разделе 5.4 «Расчет ротационного циклоидального рыхлителя» диаметр ротора рассчитывается из условия выбрасывания сорняков на поверхность поля, но здесь надо было учитывать и высоту³ остаточных гребешков, которые остаются под разрыхленным слоем. Это важный показатель качества работы.

7. Имеет место разночтение по тексту в наименовании рабочих органов и орудий: циклоидальный рыхлитель-сепаратор, сепаратор с циклоидальными рабочими органами и ротационный рыхлитель-сепаратор, циклоидальный ротор, циклоидальный культиватор.

8. Не ясна суть послойного трения и его роль в формировании «активного» слоя почвы боковой поверхности штанги.

9. Необоснованно выбрана глубина рыхления циклоидальными стойками в 69 см, искусственное деление на три зоны и утверждение, что скол почвы происходит только в зоне верхнего слоя толщиной 15 см. В то же время стойка оборудована наральником на глубине 69 см.

10. Общие выводы содержат 11 пунктов, и их количество можно было сократить, например, перефразировав, объединить 8 и 10, а также 4,5 и 6.

6. Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения

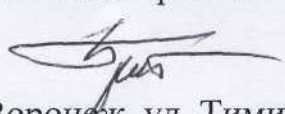
Диссертация А. В. Котельникова соответствует пунктам 9 и 10 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного правительством РФ 24.09.2013 Постановлением № 842, так как она является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение. Диссертация содержит сведения о промышленно-практическом использовании полученных автором научных результатов по

улучшению технологического воздействия на почву и технических средств для её обработки.

Материал диссертации достаточно полно отражен в 14 опубликованных работах, в том числе в четырёх патентах на изобретение и двух монографиях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что автор диссертации Котельников Антон Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Официальный оппонент доктор технических наук
профессор кафедры механизации лесного хозяйства
и проектирования машин Воронежской лесотехнической академии

 Бартенев Иван Михайлович

Адрес: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8, ВГЛТА.

Тел.: 253-72-51.

E-mail: kafedramehaniza@mail.ru

