

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ЧИЗЕЛЬНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Вадим Москалевич

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины
“Крымский Агротехнологический Университет”

Аннотация. На основе анализа особенностей живых организмов, выбранных в качестве биологических прототипов, установлено, что для обеспечения минимума энергозатрат при обработке почвы чизельные рабочие органы должны сочетать в себе рациональную форму, возможность колебательного и вращательного движений, а также обладать способностью самонастраиваться при изменении свойств обрабатываемой почвы. Предложена схема колебательно-ударного чизельного рабочего органа с роторным рыхлителем, самонастраивание которого обеспечивается за счёт изменения степени его подвижности и сил трения в механизме роторного рыхлителя.

Ключевые слова: почва, чизельный рабочий орган, колебания, тяговое сопротивление, биологический прототип, виброударный механизм.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе возделывания сельскохозяйственных культур необходимо многократно использовать различные типы машин и орудий. Однако они значительно уплотняют почву. Длительное применение для обработки почвы лемешных плугов и плоскорезов приводит к образованию уплотнённой «плужной подошвы», уменьшающей влагопроницаемость почвы и препятствующей газообмену между почвой и атмосферой. Переуплотнение почвы снижает ее биологическую активность. С целью улучшения состояния почвы необходимо периодически проводить ее глубокое рыхление. Для его осуществления применяются орудия чизельного типа, которые способствуют разрушению уплотнённой «плужной подошвы», предупреждению водной и ветровой эрозии почвы, улучшению ее аэрации и влагопроницаемости.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Существующие чизельные почвообрабатывающие орудия, оснащенные рыхлительными долотообразными лапами шириной захвата 0,05м, не обеспечивают качества рыхления почвы, соответствующего агротехническим требованиям. С увеличением ширины захвата чизельных лап степень рыхления почвы возрастает, но одновременно происходит рост энергозатрат [11]. Оснащение чизельных плугов приспособлениями для дополнительного крошения почвы также увеличивает их тяговое сопротивление [8]. Таким образом, очевидно противоречие между необходимостью снижения энергозатрат и обеспечением требуемого качества обработки почвы, для разрешения которого необходимо создание принципиально новых типов чизельных рабочих органов.

Уменьшение сопротивления движению рыхлителя в почве может быть достигнуто путём использования различных вибрационных и импульсных воздействий. При этом наиболее простым способом, не требующим применения специальных виброприводов и дополнительных затрат энергии, является создание условий для возникновения колебаний рабочего органа за счёт периодичности фаз деформации и разрушения почвенного пласта [1, 10]. Новых положительных эффектов в работе колебательных почвообрабатывающих рабочих органов можно достичь при рациональном сочетании в их конструкциях колебательно-ударных и ротационных рыхлительных элементов с обеспечением автоматической настройки, в соответствии с изменением свойств обрабатываемой среды, по аналогии с живыми организмами [2].

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В задачи исследований входило на основе изучения особенностей морфологии, кинематики и динамики биологических прототипов обоснование конструктивно-технологической схемы и основных параметров почвообрабатывающих колебательно-ударных чизельных рабочих органов с дополнительными рыхлящими элементами, применение которых позволит улучшить качественные показатели обработки почвы и снизить энергетические затраты при её чизелевании.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для обоснования принципа действия почвообрабатывающих колебательно-ударных чизельных рабочих органов рассмотрим особенности живых организмов, предлагаемых в качестве биологических прототипов.

Одними из наиболее распространённых почвообитающих организмов, способствующих повышению плодородия земли, являются дождевые черви. Стенка тела червя состоит из пяти основных слоёв: тонкой неклеточной кутикулы, кожного эпителия, состоящего из одного слоя клеток, двух слоёв мускулатуры (наружного кольцевого и внутреннего продольного) и внутреннего слоя эпителия, ограничивающего вторичную полость тела (целом), в которой располагаются внутренние органы. Эта полость, заполненная прозрачной жидкостью, содержащей взвешенные в ней клетки, разделена тонкими мускулистыми перегородками (диссепиментами) на отдельные отсеки, соответствующие наружной сегментации тела. Жидкость, заполняющая полость тела, сжимается и поэтому служит червю хорошим «гидравлическим скелетом» [4]. У дождевого червя замкнутая кровеносная система, которая включает в себя продольные сосуды, идущие вдоль всего тела, и связывающие их кольцевые сосуды в каждом сегменте. Это позволяет червю передвигаться с минимальными затратами энергии, поскольку сокращение мускулатуры продвигает тело червя в почве и одновременно проталкивают кровь по сосудам. Наличие двойных нервных узлов в каждом сегменте тела червя, соединенных продольными нервными тяжами (коннективами) в единую нервную цепочку, осуществляет эффективную связь между элементами его тела и позволяет червю быстро реагировать на изменение условий внешней среды. Когда червь зарывается в землю с поверхности или прокладывает новый ход в толщине почвы, он

действует своим передним концом как клином, расталкивая частицы почвы в стороны. Если червь не удастся найти трещину в почве, он начинает внедрять в нее переднюю часть тела, ударяя изнутри зевом, приводимым в действие с помощью гидродинамического механизма. Повышение давления от 20 до 137 Па позволяет наносить удары силой 85 Н. Внедрившись в почву, червь увеличивает давление в передней части тела, которая расширяется одновременно с образующимся отверстием. Повторяя описанные выше движения, червь продвигается в почве [6].

Беспозвоночные животные приапулиды, живущие неглубоко под морским дном, являются непревзойденными мастерами по прокладке каналов. Основным буровым инструментом приапулид служит короткий и мощный, похожий на усеянный шипами кактус, выбросной хоботок. Тело червя снабжено небольшим количеством продольных и кольцевых мышц, а также специальными механизмами, препятствующими обратному движению приапулид в грунте. Упираясь в грунт, червь при помощи шипов хоботка пробивает в нем тонкий ход. Затем, раздувая хоботок поступающей из тела жидкостью и одновременно поворачивая его на некоторый угол, приапулида расширяет и обжимает ход, после чего подтягивается вперед. В это время хоботок сжимается, убирается во внутрь тела, и начинается следующий цикл проходки. Таким образом, хоботок с многочисленными шипами работает как бур. При таком передвижении червь развивает большую двигательную силу, в десятки раз превышающую его собственный вес [3].

Тело амфисбены (двуходки) из семейства ящериц похоже на большого земляного червя. При движении в земле голова амфисбены протискивается вперед, расталкивая частицы почвы, а затем «затылком» с силой прижимает их к потолку, прокладывая таким образом ход в почве. Эти фазы движения животного периодически повторяются [7].

Способ передвижения ползающих животных основан на использовании следующих друг за другом импульсов различной амплитуды и частоты. Под воздействием чередующихся импульсов в почве происходят так называемые вибровязкие изменения свойств. Это явление использует среднеазиатская ящерица круглоголовка. При появлении малейшей опасности тело ящерицы начинает вибрировать, и за несколько секунд животное погружается в песок, как в воду. Исследования показали, что частота и амплитуда вибраций тела ящерицы точно соответствует определённой разновидности песка [9].

Поскольку почва может рассматриваться как сплошная деформируемая среда, в качестве биологических прототипов малоэнергоемких почвообрабатывающих рабочих органов могут использоваться также организмы, населяющие гидросферу, которые за миллионы лет эволюции приспособились к преодолению сопротивления среды с минимальными энергозатратами, развивая при этом значительные скорости. Организмы, передвигающиеся в воде при помощи жгутиков и ресничек, при плавании совершают вращательное движение вокруг собственной оси и, кроме того, движутся не прямолинейно, а по винтовой линии. Таким образом, у этих существ, имеющих плотность, близкую к плотности воды, осуществляется двойное двигательное вбурывание в водную среду [4].

Широко распространенный обыкновенный дельфин, а также другие виды скоростных дельфинов с общей длиной тела 2...3 м имеют максимальную скорость плавания порядка 12...13 м/с (до 45 км/ч). Коэффициент гидродинамического совершенства дельфинов и их относительная скорость в 25...30 раз превышает

соответствующие характеристики подводных судов. Такая высокая эффективность двигательного-двигательного комплекса дельфина достигается при сравнительно небольшом числе (0,5...4,0) колебаний в секунду и достаточно большом размахе колебаний, составляющем в месте развилки двух лопастей хвостового плавника 0,10...0,35 длины тела. Центр тяжести тела дельфина перемещается почти прямолинейно и равномерно, а узкий хвостовой стебель обтекаемой формы изгибается вниз и вверх. При этом широкий хвостовой плавник, имеющий самостоятельный привод в виде сухожильных тяжей от мышц тела, поворачивается, как вокруг шарнира, в конце хвостового стебля. Тем самым создается большой размах колебаний. Эти особенности представляют интерес при создании колебательных почвообрабатывающих рабочих органов. Необходимо отметить, что амплитудно-частотная характеристика движущегося дельфина с явно выраженной вершиной кривой имеет резонансный характер. Наблюдениями за движением дельфинов было установлено, что ближе к резонансу режимы их плавания встречаются наиболее часто. Как известно, при резонансном режиме имеют место наименьшие потери энергии на внутренние сопротивления колебаний. Однако для использования резонансного режима плавания без нарушения целостности тканей дельфин должен обладать соответствующими механизмами внутреннего регулирования. Одним из таких механизмов является регулируемый гидроупругий эффект в плавниках животного, позволяющий изменять их жёсткость в зависимости от сопротивления среды [5].

Проведенный анализ особенностей морфологии и способов движения животных – биологических прототипов колебательно-ударных чизельных рабочих органов – позволил предложить следующие пути улучшения качества и снижения энергоёмкости процесса чизельной обработки почвы:

- уменьшение доли объёмной деформации почвы в фазе сжатия её рабочим органом за счёт использования упругой подвески;
- использование удара в конце фазы сжатия почвы для облегчения скалывания её блока и усиления трещинообразования в нём;
- ударное воздействие на сколотый блок почвы для интенсификации его крошения;
- сокращение затрат энергии на отбрасывание сколотого блока почвы рабочим органом путём уменьшения его лобовой поверхности и ограничения перемещения в направлении скалывания;
- применение дополнительных рыхлящих элементов, использующих кинетическую энергию подвижных масс для улучшения крошения почвы;
- обеспечение возможности самонастраивания рабочего органа, по аналогии с живыми организмами, в соответствии с изменениями свойств обрабатываемой почвы.

Для практического осуществления перечисленных выше путей повышения эффективности технологического процесса чизельной обработки почвы предлагается следующая схема колебательно-ударного чизельного рабочего органа с роторным виброударным рыхлителем (рис. 1).

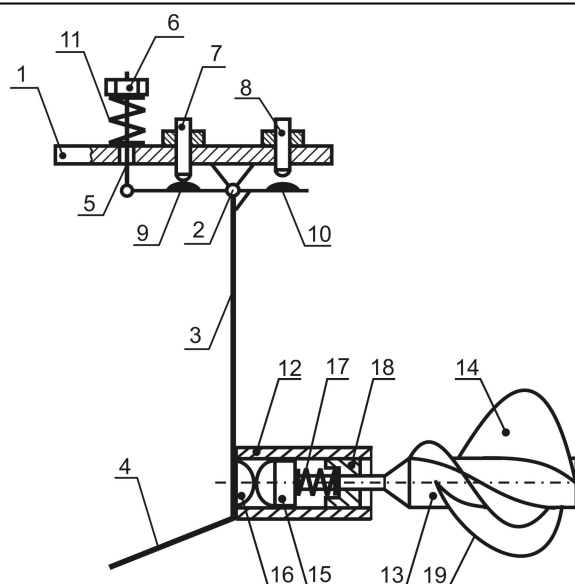


Рис. 1. Схема колебательно-ударного чизельного рабочего органа с роторным рыхлителем

Fig. 1. Chart of percussive chisel working body with rotor loosener

Колебательно-ударный чизельный рабочий орган состоит из шарнирно закрепленной на раме 1 при помощи горизонтального цилиндрического шарнира 2 чизельной стойки 3, спереди которой расположена долотообразная рыхлительная лапа 4, а сзади закреплен роторный рыхлитель с виброударным механизмом.

В верхней части к стойке 3 крепятся винтовая тяга 5 с упругим элементом (пружиной) 11, две пары ограничителей 7, 8 перемещения стойки и совмещенных с ними ударников 9, 10. Зазоры между бойками ограничителей 7, 8 и ударниками 9, 10, а, следовательно, и величину максимально возможного отклонения чизельной стойки, можно регулировать перемещением ограничителей 7, 8 по винтовой нарезке в раме 1. Величина сжатия упругого элемента 11 регулируется при помощи гайки 6 на винтовой тяге 5.

Роторный рыхлитель состоит из цилиндрического корпуса 12, в котором помещен виброударный механизм, и ротора 13 с ножами-лопастями 14, причём диаметр вала ротора 13 меньше диаметра цилиндрического корпуса 12. Цилиндрический корпус 12 жестко связан со стойкой 3. Виброударный механизм состоит из подвижного бойка 15, соединенного с ротором 13 рыхлителя, неподвижного ударника 16, упругого элемента (пружины) 17 и регулировочной гайки 18. Контактующие между собой поверхности бойка 15 и ударника 16 имеют сферическую форму в месте их контакта. Ножи 14 роторного рыхлителя расположены симметрично относительно оси ротора 13. Лезвие 19 каждого ножа 14 выполнено по форме логарифмической спирали, полюс которой находится на оси вала ротора 13, а длина начального радиус-вектора равна половине диаметра вала ротора.

С помощью регулировочных винтов и гаек устанавливаются величины сжатия упругих элементов в зависимости от требуемых режимов работы и свойств обрабатываемой почвы.

При движении в почве чизельная стойка 3 с рыхлительной лапой 4 производит периодическое скалывание блоков почвы. В начале фазы сжатия почвы стойка 3 отклоняется назад, сжимая пружину 11 винтовой тяги 6 и увеличивая ее потенциальную энергию. В конце фазы сжатия почвы происходит удар между задним ограничителем 8 и ударником 10 стойки. Ударный импульс воздействует на почву, облегчая её скол. Под действием возникающих в момент удара сил инерции ротор 13 отходит от стойки 3, сжимая пружину 17 виброударного механизма. Затем под действием пружины 17 ротор 13 возвращается обратно к стойке 3 до соударения бойка 15 и ударника 16. Ударный импульс от ротора через стойку 3 с лапой 4 воздействует на скалываемый блок почвы. Волна напряжений, которая распространяется от чизельной стойки, отражается от границ блока почвы внутрь него. При наложении отраженных волн внутри блока почвы возникают напряжения, превышающие предел прочности, что способствует интенсивному трещинообразованию. После этого пружина 11 винтовой тяги 6, разжимаясь, передает через стойку 3 накопленную потенциальную энергию блоку почвы, вызывая интенсивное его крошение. В конце фазы скола почвы происходит удар между передним ограничителем 7 и ударником 9 стойки, который способствует самоочищению стойки 3 с лапой 4 от налипшей на них почвы и корней растений. При этом ротор 13 производит дополнительное измельчение комьев почвы, которые сходят с рыхлительной лапы 4.

Выполненные по форме логарифмической спирали лезвия 19 ножей 14 роторного рыхлителя способствуют резанию со скольжением почвы и корней растений. При этом за счет периодического изменения сил трения почвы по поверхности ножей 14 ротора 13 рыхлителя возникают его колебания вдоль продольной оси с одновременным вращением вокруг этой оси. Это способствует интенсивному крошению почвы рыхлителем. При колебаниях ротора 13 рыхлителя происходят удары в виброударном механизме, которые способствуют самоочищению рыхлителя от почвы и корней растений и снижению тягового сопротивления. Кроме того, ударные импульсы передаются чизельной стойке, интенсифицируя ее колебания, благодаря чему улучшается качество рыхления почвы и снижается тяговое сопротивление.

ВЫВОДЫ

Для обеспечения эффективности обработки почвы с минимальными энергозатратами чизельные рабочие органы должны сочетать в себе оптимальную форму, колебательное и вращательное движение, а также способность самонастраиваться при изменении технологических режимов работы и свойств обрабатываемой почвы, по аналогии с живыми организмами.

Самонастраивание колебательно-ударного чизельного рабочего органа, в зависимости от свойств обрабатываемой почвы, обеспечивается за счёт изменения степени подвижности при соударениях подвижных звеньев и изменения силы трения в механизме роторного рыхлителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабицкий Л.Ф. Состояние и направления разработки чизельных вибрационных рыхлителей почвы / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич // Механизация сельскохозяйственного производства: Сборник научных работ Крымского ГАУ. – Симферополь, 2002. – С. 10-14.
2. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Л.Ф. Бабицкий. – К.: Урожай, 1998. – 164 с.
3. Гармаш И.И. Тайны бионики / И.И. Гармаш. – К.: Радянська школа, 1985. – 177 с.
4. Жизнь животных: энциклопедия в 7 т. / [под ред. Ю.И. Полянского]. – М.: Просвещение, 1987. – Т.1: Простейшие. Пластинчатые. Губки. Кишечнополостные. Гребневики. Плоские черви. Немертины. Круглые черви. Кольчатые черви. Щупальцевые. – 448 с.
5. Козлов Л.Ф. Теоретическая биогидродинамика / Л.Ф. Козлов. – К.: Выща школа, 1983. – 238 с.
6. Литинецкий И.Б. Бионика / И.Б. Литинецкий. – М.: Просвещение, 1976. – 336 с.
7. Литинецкий И.Б. Изобретатель – природа / И.Б. Литинецкий. – М.: Знание, 1986. – 208 с.
8. Майданников Ю.В. Разуплотнение почв орудиями чизельного типа / Ю.В. Майданников, А.А. Сумская // Ускорение научно-технического прогресса в механизации мелиоративных работ. – Новочеркасск, 1988. – С. 97-101.
9. Никулин В.М. От чудес природы – к чудесам техники / В.М. Никулин. – Днепропетровск: Проминь, 1988. – 164 с.
10. Панов И.М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы / И.М. Панов, Н.М. Орлов // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – №8. – С. 27-30.
11. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы / В.В. Труфанов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 140 с.

THE WAYS OF DECREASE IN POWER CONSUMPTION OF CHISEL
SOIL-CULTIVATING WORKING BODIES

Vadim Moskalevich

Summary. On the basis of analysis of features of the living organisms chosen as biological prototypes, it is set that for providing of minimum of power consumption on tillage by chisel working bodies must combine in itself rational form possibility of fluctuating and rotatory motions, and also to possess ability to be influenced itself at the change of properties of the soil. The chart of percussive chisel working body is offered with rotor loosener self tuning of which is provided due to the change of degree of his mobility and forces of friction in the mechanism of rotor loosener.

Key words: soil, chisel tillage tool, oscillation, tractive recalcitrance, biological prototype, percussive gear.