

УДК 631.3

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С ВИБРОУДАРНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

Москалевич В.Ю., к.т.н.

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

Проанализированы конструктивные схемы почвообрабатывающих рабочих органов с виброударными механизмами в аспекте их надежности. Обоснованы пути обеспечения надежности виброударных рабочих органов с учетом достижений бионики и нанотехнологий.

Постановка проблемы. Качество обработки почвы, энергетические расходы и общие затраты на обработку в значительной мере определяются конструктивными параметрами и техническим состоянием рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий. Несмотря на проведенные ранее исследовательские работы, проблема повышения надежности рабочих органов почвообрабатывающих машин до настоящего времени остается нерешенной. Учитывая, что к настоящему времени значительно возросла масса сельскохозяйственных машин, что повлекло за собой повышение уплотняемости почв, нагрузки на рабочие органы почвообрабатывающих агрегатов возросли примерно в 4 раза. Это, соответственно, негативно влияет на показатели надежности почвообрабатывающих машин и орудий.

Для повышения эффективности почвообрабатывающих машин их рабочие органы оснащаются виброударными механизмами [1, 6]. Однако, вопрос обеспечения надежности таких конструкций остается не решенным, что сдерживает их широкое внедрение в производство.

Анализ публикаций. Методика оценки надежности сельскохозяйственной техники основывается на работах В.Я. Аниловича, В.М. Кряжкова, А.Ш. Рабиновича, В.Ю. Черкуна, М.И. Черновола, В.В. Аулина [4] и др. Исследователями В.С. Новиковым, С.А. Сидоровым, М.М. Тененбаумом и другими предложены различные методы решения проблемы надежности сельскохозяйственных машин. Можно выделить три основных направления повышения работоспособности и долговечности почвообрабатывающих рабочих органов: материаловедческое, конструкционное и технологическое [3].

Постановка задачи – обосновать пути обеспечения надежности рабочих органов с виброударными механизмами.

Основной материал. Виброударные рабочие органы представляют собой конструкции, содержащие достаточно большое количество взаимосвязанных

элементов, выступающих как единое целое по отношению к обрабатываемой среде (почве), совместное действие которых направлено на выполнение определенной цели. Поэтому для решения обозначенной проблемы следует использовать системный подход, согласно которому необходимо выделить иерархические уровни и разрабатывать мероприятия по повышению надежности, начиная с нижнего из них – поверхностей деталей. Анализируя конструктивные схемы виброударных почвообрабатывающих рабочих органов, можно выделить следующие типы виброударных механизмов: 1 – с осевым расположением и прямолинейным рабочим движением подвижных звеньев (рис. 1, а), 2 – то же, что и в первом случае, но с дополнительным вращательным движением относительно продольной оси, 3 – шарнирно-рычажные (рис. 1, б), 4 – маятниковые (рис. 1, в).

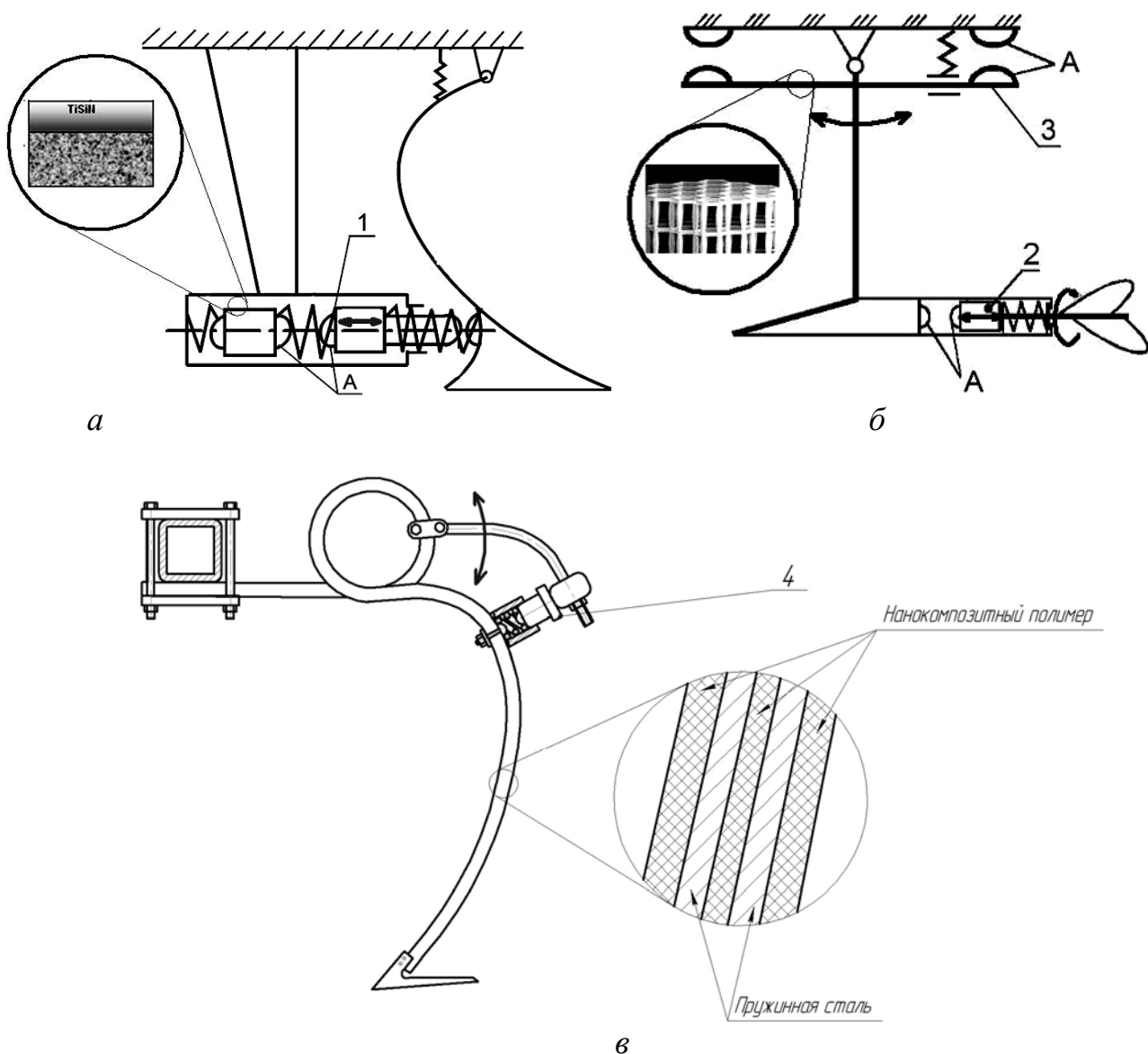


Рисунок 1 – Схемы рабочих органов с виброударными механизмами

Наиболее ответственными элементами, от которых зависит работоспособность и качество выполнения технологического процесса обработки почвы, являются соударяющиеся подвижные звенья виброударных механизмов, стойки, рычаги и упругие элементы (рис. 1). Мероприятия повышения надежности каждого из этих элементов должны быть обоснованы с учетом его функционального назначения и характера воспринимаемых им нагрузок в процессе работы. Перспективным направлением решения этой задачи является использование методов технической бионики, поскольку за 3,8 миллиардов лет своего существования биологические организмы и системы достигли высокого уровня надежности.

Наиболее широкие возможности повышения надежности деталей обеспечивают конструкторские методы. В этой связи представляют интерес достижения новой прикладной науки – нанобионики, которая занимается созданием новых материалов путем конструирования на атомном и молекулярном уровне по аналогии с живыми организмами [5]. В частности, в Технологическом институте города Карлсруэ (Германия), на основе данных о структуре и свойствах костей создана оптимальная конструкция материала, напоминающая полые пчелиные соты неправильной формы. Этот материал является одновременно сверхлёгким и очень прочным: он выдерживает давление в 280 МПа, что сопоставимо с прочностью лучших марок стали. Такой материал предлагается использовать для изготовления рычагов виброударных подвесок (рис. 1, б). Это позволит, с одной стороны, обеспечить достаточную прочность конструкции, а с другой – уменьшить массу колеблющихся деталей и, следовательно, инерционность механизма. Уменьшение сил инерции даст возможность повысить частоту колебаний и одновременно снизить нагрузки на шарниры, что будет способствовать повышению надежности как конструкций рабочих органов, так и выполняемого ими технологического процесса.

Стойки предназначены для обеспечения возможности колебаний рабочих органов, поэтому их жесткость не может быть слишком большой, и в то же время их сечение должно отвечать условиям прочности при циклических нагрузках. Из теории надежности известно, что с увеличением размеров сечения деталей предел выносливости, характеризующий способность материала сопротивляться циклическим нагрузкам, снижается. Это объясняется тем, что с увеличением размеров увеличивается вероятность появления металлургических дефектов, являющихся концентраторами напряжений, а также дефектов в поверхностном слое. Наиболее заметно снижение предела выносливости происходит при увеличении размеров сечения от 5 до 25...50 мм [7].

С целью обеспечения усталостной выносливости стоек виброударных рабочих органов в условиях действия циклических нагрузок предлагается

выполнять их составными – собранными из пластин пружинной толщиной по 6...8 мм, соединённых нанокompозитным полимером (рис. 1, в).

В виброударных механизмах имеются поверхности трения (сопряжения «цилиндрический корпус – ударное звено», шарнирные соединения рычагов и стоек), которые работают в условиях недостаточной смазки и абразивного изнашивания попадающими на них твердыми частицами почвы). Обеспечение надежности в этих условиях возможно технологическими методами. Для повышения износостойкости поверхности деталей предлагается упрочнять их нанокompозитными покрытиями (nc-TiN/a-BN, nc-TiAlN/a-Si₃N₄), обладающими сверхвысокой твердостью. При этом, для лучшего сцепления с металлической основой в условиях динамических нагрузок, следует использовать градиентные покрытия, в которых происходит плавный переход элементного состава от внутренней поверхности пленки к внешней (рис. 1, а).

Комплексный подход к обеспечению надёжности предусматривает также использование соответствующих методов расчёта деталей на прочность и всей системы на надёжность. Соударяющиеся между собой элементы виброударного механизма испытывают значительные контактные напряжения в зоне контакта (поверхности А на рис. 1). Для эффективной и долговечной работы в них должны возникать только упругие деформации без пластических. Поэтому возникающие в материале соударяющихся деталей контактные напряжения должны быть меньше предела текучести, т.е. $\sigma_{\max} < \sigma_T$.

Для нахождения величины возникающих при ударе напряжений применим закон Герца [7], устанавливающий связь между силой и деформацией контактирующих поверхностей. Так как соударяющиеся поверхности звеньев виброударного механизма имеют полусферическую форму, то расчёт наибольшего давления q_0 в центре площадки касания следует выполнять по выражению, полученному из закона Герца для этого случая:

$$q_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi a^2} = 0,579 \sqrt{\frac{P}{\rho_{\Pi}^2 (k_1 + k_2)^2}}, \quad (1)$$

где P – сила, возникающая при ударе;

ρ_{Π} – приведенный радиус кривизны контактирующих поверхностей;

k_1 и k_2 – коэффициенты, зависящие от материала деталей.

Максимальное напряжение контактного сжатия равно наибольшему давлению и должно быть меньше предела текучести материала деталей виброударного механизма.

При расчётах на прочность упругих элементов необходимо учитывать их работу в условиях знакопеременных нагрузок [7]. Поэтому допускаемые напряжения $[\sigma]$ следует определять по выражению:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a} \cdot \frac{1 + \frac{\sigma_a}{\sigma_m}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\Pi \varepsilon_\sigma} \cdot \frac{\sigma_a}{\sigma_m} - \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_B}}, \quad (2)$$

где σ_{-1} – предел выносливости при изгибе;
 σ_a – амплитудное напряжение цикла нагрузки;
 σ_m – среднее напряжение цикла нагрузки;
 k_σ – эффективный коэффициент концентрации напряжений;
 ε_σ – коэффициент, учитывающий размеры детали;
 ε_Π – коэффициент, учитывающий состояние поверхностных слоев материала.

Выводы

1. Перспективными путями обеспечения надежности рабочих органов с виброударными механизмами является применение бионических материалов по прототипу структуры костей в конструкциях их рычажных подвесок, использование составных пластинчатых стоек с прослойками нанокompозитных полимеров, упрочнение поверхностей трения деталей градиентными нанокompозитными покрытиями (nc-TiN/a-BN, nc-TiAlN/a-Si₃N₄).

2. При расчётах на прочность виброударных механизмов следует использовать закон контактных напряжений Герца и теорию прочности в условиях знакопеременных нагрузок с учетом состояние поверхностных слоев материала.

Список литературы

1. *Бабицький Л.Ф.* Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин [Текст] / *Л.Ф. Бабицький.* – К.: Урожай, 1998. – 164 с.
2. *Кочанов Д.И.* Наноматериалы и нанотехнологии для машиностроения: состояние и перспективы применения [Текст] / *Д.И. Кочанов* // РИТМ. - №4 (73). – 2011. – С. 55-61.
3. *Москалевич В.Ю.* Перспективы повышения работоспособности и долговечности почвообрабатывающих рабочих органов [Текст] / *В.Ю.Москалевич* // Motrol. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. – Vol. 14, No 6. – Lublin-Rzeszow, 2012. – P. 157-162.
4. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник [Текст] / *М.І.Чорновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.*; За ред. М.І. Чорновола. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с.

5. Нанотехнологии и наноматериалы [Электронные ресурс] – Режим доступа: <http://www.portalnano.ru/read/tezaurus/definitions/nanobionics>.

6. Пат. 51430 Україна, МПК А01В 37/00. Робочий орган глибокорозпушувача / Бабицький Л.Ф., Тарасенко В.І., Москалевич В.Ю., Балко В.В.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Заявл. 26.02.2010; опубл. 12.07.2010, Бюл. №13.

7. Проектирование механизмов и приборов [Текст] / Под ред. К.И. Заблонского. – К.: Выща школа, 1971. – 520 с.

Анотація

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ З ВІБРОУДАРНИМИ МЕХАНІЗМАМИ

Москалевич В.Ю.

Проаналізовано конструктивні схеми ґрунтообробних робочих органів з віброударними механізмами в аспекті їх надійності. Обґрунтовано шляхи забезпечення надійності віброударних робочих органів з урахуванням досягнень біоніки та нанотехнологій.

Abstract

ENSURING THE RELIABILITY OF THE WORKING BODIES WITH PERCUSSIVE GEARS

V. Moskalevich

Analyzed constructive schemes of tillage working bodies with percussive gears in the aspect of their reliability. Substantiated the ways to ensure the reliability of the percussive working bodies with regard to the achievements of bionics and nanotechnologies.