

УДК 631.316.02-001.5

И.В. ИГНАТЕНКО, А.П. МАРКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПРУЖИННЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ КУЛЬТИВАТОРОВ

Проведено сравнительное исследование кинематики пружинных предохранителей рабочих органов культиватора с различным исполнением упругого элемента. Изучены траектории движения носка рабочего органа под нагрузкой на испытательном стенде. Указаны достоинства предохранителя с S-образным упругим элементом, работающим на продольный изгиб.

Ключевые слова: сельскохозяйственные машины, культиватор, предохранитель, кинематика, кинематические характеристики.

Введение. Повышение надежности работы культиваторов требует принятия мер по предохранению рабочего органа от поломки в результате наезда на препятствие. Для этого на культиваторах применяются индивидуальные предохранители, которые поднимают рабочий орган при соударении с посторонним предметом. Однако характеристики существующих пружинных предохранителей далеки от идеальной пороговой. Кроме того, из рассмотрения исследователей выпал вопрос о нагруженности стойки. Цель работы – оценить степень идеальности характеристик реальных пружинных предохранителей.

Постановка задачи. В культиваторостроении наиболее распространены пружинные предохранительные механизмы с откидывающейся назад шарнирно-поводковой подвеской (рис.1). В нем стойка удерживается в исходном состоянии за счет предварительного натяжения пружины AB . Предохранительным фактором в таких предохранителях является выглубление Z . Под действием силы соударения стойка поворачивается вокруг шарнира O , и рабочий орган, выглубляясь, перескакивает через препятствие. Размер выглубления должен быть достаточным, чтобы перескочить через препятствие. Обычно Z_{\max} не превышает глубину хода рабочего органа h .

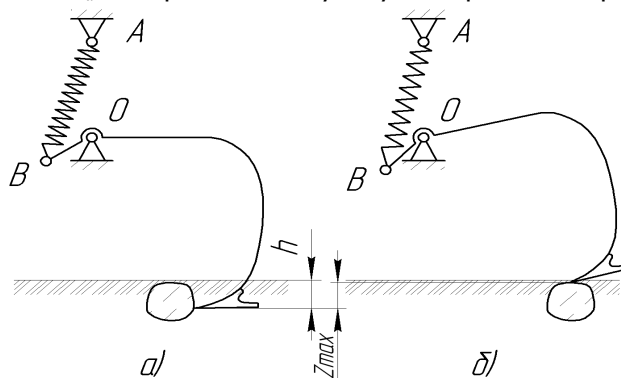


Рис.1. Схема работы пружинного предохранителя с откидывающейся шарнирно-поводковой подвеской:
а – начальное положение; б – состояние после срабатывания предохранителя

Важнейшей характеристикой предохранителя считается силовая, а именно, зависимость между нагрузкой и каким-либо параметром состояния. В качестве такого параметра в теории принято применять угол поворота стойки α [1]. Однако зависимость $P(\alpha)$ не включает фактор предохранения – выглубление рабочего органа Z – и создает неудобства для анализа работы предохранителя. Более обоснованной характеристикой предохранителя следует считать кинематическую зависимость фактора предохранения от нагрузки $Z(P)$, являющейся траекторией движения носка рабочего органа под нагрузкой.

Главное требование к характеристике предохранителя: при превышении нагрузки предельно допустимого значения, стойка должна выгнуть рабочий орган. Стойка начинает поворачиваться только после того, как нагрузка превысит порог срабатывания $P_{ср}$, превышающего максимальное значение тягового сопротивления рабочего органа R_{max} .

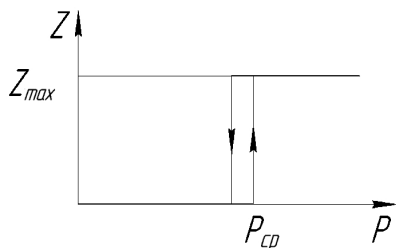


Рис.2. Идеальная кинематическая характеристика предохранителя

Идеальной силовой характеристикой предохранителя будет пороговая характеристика типа перескока (рис.2). В реальных системах с трением она неоднозначна. Идеальная характеристика трудно осуществима, возможно лишь приближение к ней.

Дополнительное требование к характеристике предохранителя: по мере поворота стойки увеличение силы не должно быть слишком большим, чтобы не перегружать стойку.

Характеристики предохранителей определяются топологией шарнирного трехзвенника OAB (см. рис.1) [2].

В качестве объектов исследования приняты типовые наиболее распространенные конструкции с различным конструктивным исполнением и топологией трехзвенника OAB . Общий вид представлен на рис.3, а кинематические схемы на рис.4.

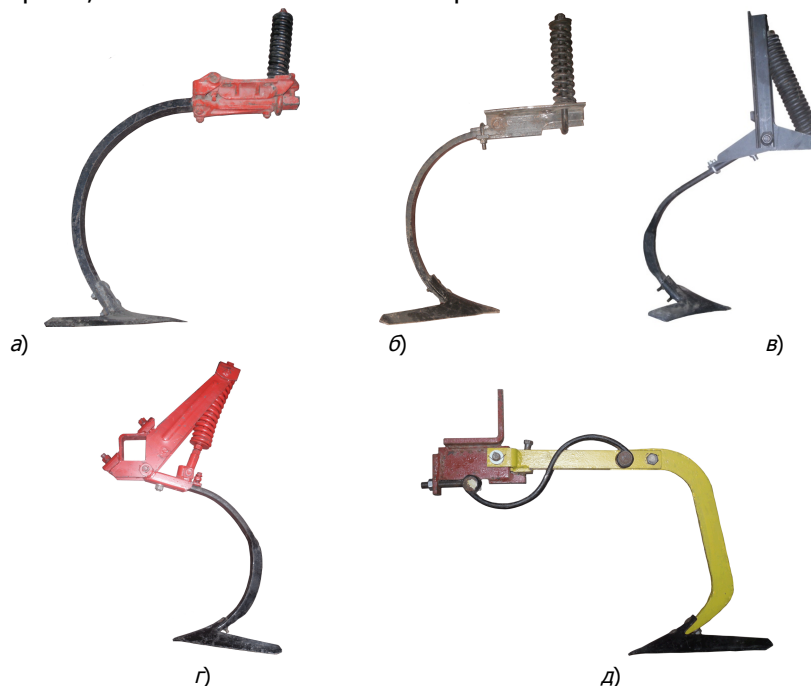


Рис.3. Общий вид исследуемых предохранительных подвесок:
 а – культиватора КПЭ-3,8; б – культиватора АКВ-4; в – культиватора Salford; г – культиватора КПК-4;
 д – экспериментальная подвеска с S-образным упругим элементом

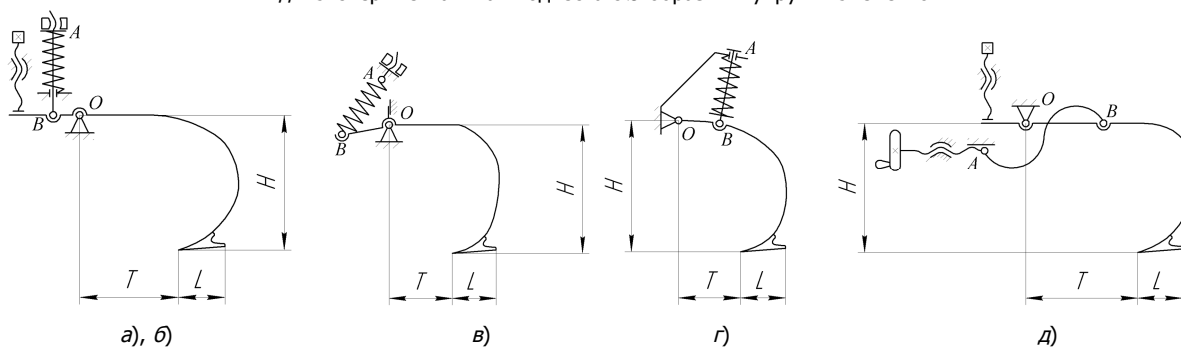


Рис.4. Кинематические схемы пружинных предохранителей, показанных на рис.2

В конструкциях (см. рис.3, *а, б, г*) в качестве упругого элемента используют спиральные пружины сжатия, а в конструкции (см. рис.3, *в*) – пружины растяжения. Вместе с деталями регулировочных узлов они образуют достаточно сложные и громоздкие механизмы. Различна топология упругого трехзвенника – с вертикальным (см. рис.4, *а, б*) или наклонным (см. рис.4, *в, г*) расположением упругого элемента. Шарнир *В* может располагаться перед шарниром *О* стойки (см. рис.4, *а, б, г*) или позади (см. рис.4, *в*).

Форма трехзвенника *АОВ* представляет собой прямоугольный (см. рис.4, *а, б, в*) или тупоугольный треугольник (см. рис.4, *г*). Экспериментальная подвеска (см. рис.4, *д*) имеет тупоугольный треугольник с горизонтальным расположением упругого трехзвенника. Упругий элемент выполнен в виде *S*-образной рессоры, работающей на продольный изгиб.

Массово-геометрические характеристики предохранительных подвесок приведены в таблице.

Массово-геометрические характеристики предохранительных подвесок

Подвеска	H , мм	T , мм	B , мм	L , мм	Масса, кг
<i>а</i>	710	135	410	340	31,8
<i>б</i>	530	0	390	315	22,1
<i>в</i>	560	160	250	275	25,5
<i>г</i>	450	150	330	275	16,2
<i>д</i>	400	230	330	275	14,5

Примечание. B – ширина стрельчатой лапы культиватора.

Методика экспериментального исследования. Для определения кинематических характеристик использован нагрузочный стенд (рис.5) с приложением горизонтальной нагрузки с помощью тросовой лебедки. Сила измеряется динамометром; одновременно измеряются вертикальные смещения носка и крыльев рабочего органа.

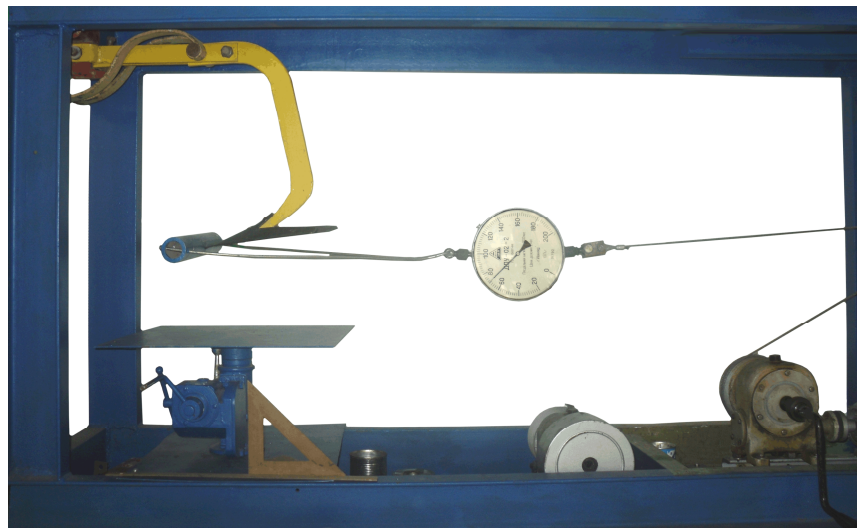


Рис.5. Стенд для исследования кинематики пружинных предохранителей

По результатам измерений построены графики зависимости выглубления носка рабочего органа от нагрузки $Z(P)$.

На рис.6 приведены траектории движения носка лапы при нагружении, которые обеспечивают исследуемые подвески.

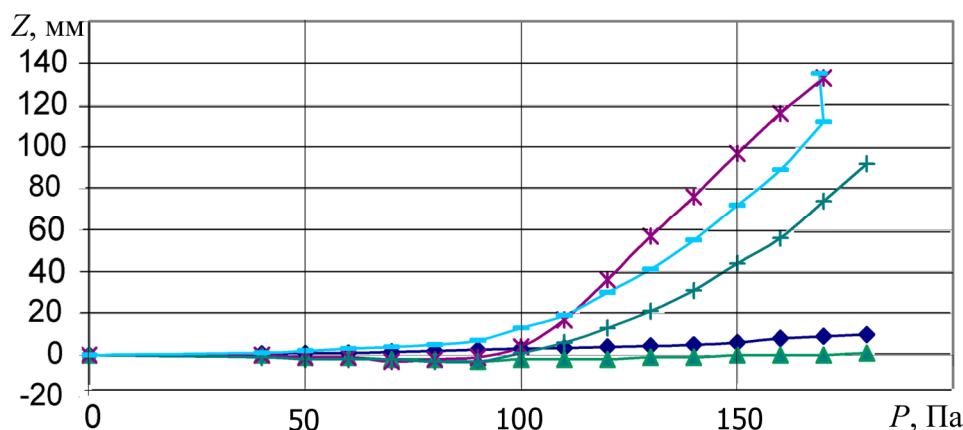


Рис.6. Траектории движения носка лапы при нагружении предохранителей:
 -♦-- культиватора КПЭ-3,8; -▲-- АКВ-4; -×-- Salford; -+- КПК-4;
 - - - экспериментальной подвески с S-образным элементом

Несмотря на единство типа предохранительных подвесок, шарнирно-рычажный вид траекторий отличается принципиальным разнообразием.

Все траектории далеки от идеальных в том смысле, что четкий порог срабатывания у них отсутствует. Особенно это выражено у подвески культиватора АКВ-4 (см. рис.3, б), которую трудно назвать предохранительной, так как выглубление практически отсутствует. Не намного больше выглубление и у подвески КПЭ-3,8 (см. рис.3, а). Упругость придает таким подвескам лишь амортизационные свойства. Наиболее быстрое выглубление дает подвеска Salford (см. рис.3, в). У подвески КПК-4 (см. рис.3, г) от порога срабатывания начинается плавное нарастание интенсивности выглубления, способствующее сохранению равномерности хода по глубине при работе на пороге срабатывания. Однако выглублению в этих подвесках сопутствует неограниченное нарастание нагрузки на стойку, создающее угрозу ее прочности.

Характеристика предохранителя (см. рис.3, д) с S-образным упругим элементом выгодно отличается тем, что имеет ограничение роста требуемой нагрузки, что повышает надежность подвески, не снижая ее предохранительных свойств. Замена громоздкого пружинного механизма со спиральными пружинами легкой S-образной рессорой, работающей на продольный изгиб, позволило добиться наименьшей металлоемкости предохранителя (см. таблицу).

Заключение. Кинематика существующих пружинных предохранителей культиваторов отличается необоснованным разнообразием, что говорит об отсутствии единой концепции их конструирования и требует создания единой методологии их расчета и проектирования. Наилучшую кинематику показывает предохранительная подвеска с S-образным упругим элементом; она имеет пониженную металлоемкость и способность к ограничению деформаций упругого элемента. Последнее имеет большое значение для надежности работы предохранителя.

Библиографический список

1. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
2. Игнатенко И.В. Машины для возделывания сельскохозяйственных культур / И.В. Игнатенко, Ю.И. Ермолев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 374 с.

Материал поступил в редакцию 20.10.10.

References

1. Sineokov G.N. Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayuschih mashin / G.N. Sineokov, I.M. Panov. – M.: Mashinostroenie, 1977. – 328 s. – In Russian.
2. Ignatenko I.V. Mashiny dlya vozdeyvaniya sel'skohozyaistvennyh kul'tur / I.V. Ignatenko, Yu.I. Ermol'ev. – Rostov n/D: Izdatel'skii centr DGTU, 2008. – 374 s. – In Russian.

I.V. IGNATENKO, A.P. MARKOV

STUDY OF CULTIVATOR RESTRAINING SPRING KINEMATICS

A comparative study of the restraining springs kinematics of the cultivator operating devices with various versions of the resilient member is done. Motion trajectories of the operating device nose bar on load on the bench tester are investigated. Advantages of the fuse with the double-bend elastic element operating on the buckling are marked.

Key words: agricultural machinery, tiller, fuse, kinematics, kinematic characteristics.

ИГНАТЕНКО Иван Васильевич (р. 1941), профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины и оборудование» Донского государственного технического университета, доктор технических наук (2003), профессор (2004). Окончил Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения (1963).

Область научных интересов: теория терраупругости в земледельческой механике и ее применение в почвообработке.

Автор более 70 научных публикаций. Имеет 10 авторских свидетельств на изобретения.

МАРКОВ Алексей Павлович (р. 1987), аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины и оборудование» (2009). Окончил Донской государственный технический университет (2009).

Область научных интересов: исследование зерноперерабатывающей и почвообрабатывающей техники.

Автор 1 научной публикации.

apm1987@mail.ru

Ivan V. IGNATENKO (1941), Professor of the Agricultural Machinery and Equipment Department, Don State Technical University. PhD in Science (2003), Professor (2004). He graduated from Rostov-on-Don Institute of Agricultural Engineering (1963).

Research interests: terra-elasticity theory in agricultural mechanics and its application in tillage.

Author of over 70 publications and 10 inventor's certificates.

Alexey P. MARKOV (1987), Postgraduate student of the Agricultural Machinery and Equipment Department, Don State Technical University. He graduated from Don State Technical University (2009).

Research interests: study of grain-processing and tillage equipment.

Author of 1 publication.