

ВОПРОСЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ПРУЖИННЫХ СТОЕК КУЛЬТИВАТОРОВ

¹Игнатенко И.В., ¹Чайка Е.А.

¹Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье излагаются практические вопросы обеспечения импортозамещения пружинных стоек культиваторов. Отмечена актуальность, трудоёмкость и возможности отечественных производителей. Выбраны образцы стоек, требующие импортозамещения. Оценены объёмы. Проанализированы возможности отечественного производства. Отмечены проблемы, касающиеся технологий термообработки, испытаний на усталостную прочность. Определён характер поисковых работ по совершенствованию технологий, обеспечивающих необходимую циклическую прочность порядка 1,5 млн. циклов нагружения. Предложен комплексный план работ с применением отечественного оборудования.

Ключевые слова. Сельскохозяйственные машины, культиваторы, пружинные стойки, импортозамещение, производство, оборудование.

ISSUES OF IMPORT SUBSTITUTION OF SPRING RACKS OF CULTIVATORS

¹Ignatenko I.V., ¹Schaika T.A.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article outlines the practical issues of ensuring import substitution of cultivator spring tines. The relevance, laboriousness and capabilities of domestic manufacturers are noted. Selected samples of racks that require import substitution. Volumes are estimated. The possibilities of domestic production are analyzed. Problems related to heat treatment technologies, fatigue strength tests are noted. The nature of the search work to improve technologies that provide the necessary cyclic strength of about 1.5 million loading cycles is determined. A comprehensive work plan with the use of domestic equipment is proposed.

Keywords. Agricultural machines, cultivators, spring racks, import substitution, production, equipment.

Введение. В странах Евразии, в том числе России предстоит создавать свой технологический суверенитет, который должен помочь в решении проблем безопасности, энергетики, информатики и продовольственной независимости.

Одним из доступных способов укрепления технологического суверенитета считается импортозамещение. Оно эффективно и в сельскохозяйственной технике.

В настоящее время на почвообрабатывающих машинах и особенно на культиваторах, широко применяются пружинные стойки для крепления лап к раме (рис. 1). Считается, что стойки дают лучшее качество и энергетику почвообработки [1]. При работе стойки вибрируют с интенсивностью 3...5g, что устраняет забивание рабочего органа, улучшает разделку почвы, снижает энергоёмкость. Есть и недостатки. Большие деформации приводят к искажению глубины и геометрии резания, что препятствует резанию сорняков.

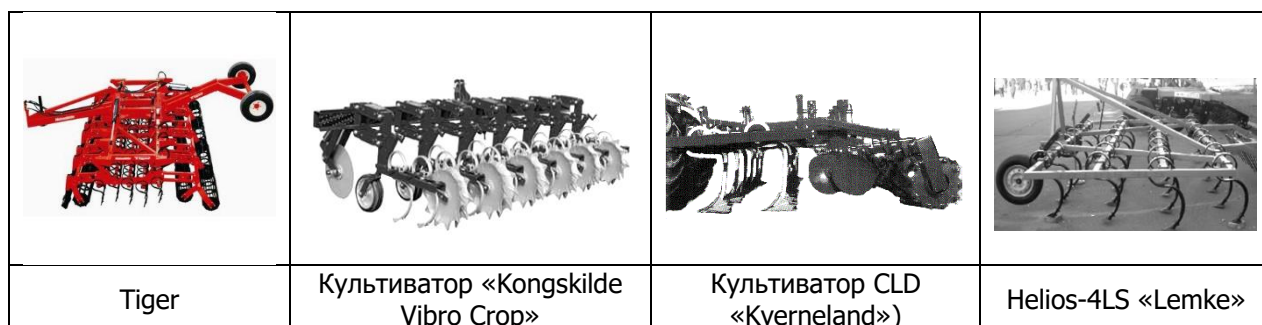


Рисунок 1 - Культиваторы с пружинными стойками

В зарубежном культиваторостроении пружинные стойки рабочих органов особенно широко распространены, поскольку в связи с массовым применением гербицидов не ставятся требования к подрезанию сорняков, а значит и к искажению геометрии рабочих органов от упругих смещений.

Пружинные зубья и стойки производят многие фирмы (Kongskilde, Bellotano Hatzenbichler, Kverneland, Waderstad и др.), но количество типов выпускаемых стоек невелико (рис. 2) – это S-образные, круговые, усиленные подпружинником и составные.

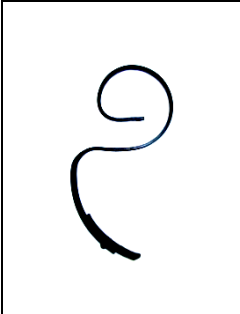


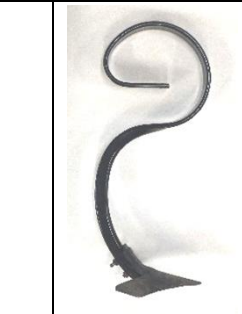




			
S – образная Kongskilde	S – образная Hatzenbichler	S – образная Unics	S – образная Bellota
			
Круговая Bellota	Круговая Kverneland	Стойка с подпружинником	Составная Vibro-Flex

Рисунок 2 - Типовые конструкции зарубежных пружинных стоек

В Европе пружинные стойки сменили американскую и канадскую шарнирно-поводковую и грядильную подвески. Решающим преимуществом пружинных стоек стало снижение металлоёмкости примерно в 4 раза, что для бедной ресурсами Европы было весьма привлекательно.

В России в 80-е годы также развивалась тенденция применения пружинных стоек по аналогиям зарубежных. Пружинные стойки вошли в отечественный ГОСТ 23.2.164-87 (типы 13, S-образные типа 14 круговые типа 17 (рис.3).

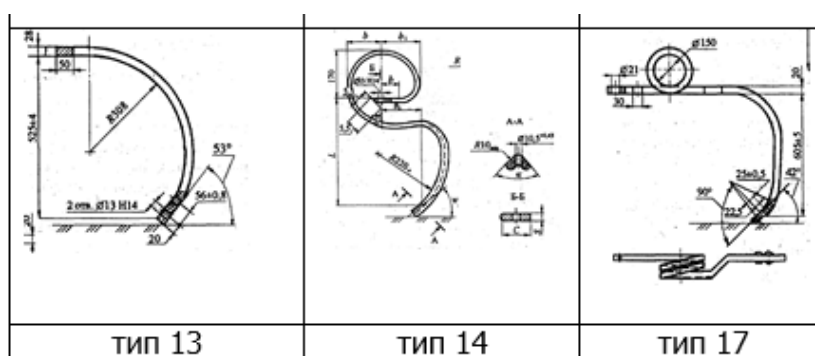


Рисунок 3 - Отечественные пружинные стойки по ГОСТ 23.2.164-87

Однако производство пружинных стоек имеет проблемы. Пружинная стойка, работающая на границе упругости, должна иметь высокую усталостную прочность. Производство таких стоек требует высокой культуры кузнечно-прессовой и термообработки, ставшим неразглашаемым ноу-хау европейских производителей. В ТУ на изготовление стоек предусматривается, что стойка должна выдерживать до 1,5 миллиона циклов 2-х кратной перегрузки.

В СССР были попытки наладить массовое производство пружинных стоек. Однако достигнутая выносливость стоек составляла всего порядка 100 тысяч циклов, что делало стойки ненадёжными. Это привело к тому, что в 90-е годы рынок России был полностью завоёван европейскими пружинными

стойками. Производители отечественных культиваторов предпочитают применять на своих машинах европейские стойки как фактор надёжности, о чем не забывают упомянуть в своих рекламных проспектах.

Объём производства культиваторов в России со средней шириной захвата 6 м составляет примерно 10 тысяч в год [2]. Если учесть, что на метр захвата культиватора в среднем приходится 4 стойки, то необходимо ежегодно закупать четверть миллиона стоек. При стоимости пружинных стоек от 10 до 50\$, расходы наших производителей только на комплектующие превышают 1,2 млрд. рублей в год. Плюс ещё расходы на запчасти доводят расходы до 1,5 млрд. рублей в год.

В связи с нынешними санкциями закупка пружинных стоек в Европе становится недоступной. Актуальной проблемой становится импортозамещение пружинных стоек культиваторов - высокотехнологичных изделий с неведомыми ноу-хау, что требует значительных поисковых работ. Для российского производства пружинных стоек необходима разработка собственной технологии.

Анализ показывает, что работы по импортозамещению пружинных стоек культиватора имеют комплексный характер и включают несколько разных видов работ: исследования объёмов применения стоек в отечественном АПК, изучение упругих свойств зарубежных стоек, проектирование отечественных стоек для отечественных стрелчатых лап, расчёты напряжённого состояния новых стоек (в среде ANSYS), разработку стендового оборудования, отработки кузнечно-прессовой технологии, отработку режимов термообработки и упрочнения стойки до получения требуемой усталостной прочности в 1,5 млн. циклов.

Ключевой задачей здесь является раскрытие ноу-хау в технологиях термообработки и упрочнения, что требует привлечения соответствующих специалистов.

Составлен план работ, включающие все виды работ (таблица 1)

Таблица 1 - План работ по импортозамещению пружинных стоек

№	Этапы работ	Содержание работы	Трудоёмкость, месяцев
1	Изучение образцов импортных стоек.	(определение конфигураций, геометрии сечений, создание чертежей импортных стоек)	2
2	Металлографический анализ материала стоек.	(марки сталей, твёрдости и зернистости сечений, показателей термообработки и упрочнения)	1
3	Доработка стенда для мониторинга деформаций пружинных стоек.	(разработать крепления, механизмы приложения нагрузки, установить тензоаппаратуру и приборы)	2
4	Мониторинг упругих свойств импортных стоек на стенде.	Изучение деформаций, траекторий упругих смещений, искажений геометрии лап, НДС, места концентрирования напряжений)	1
5	Конструирование образцов отечественных пружинных стоек	Коррекция чертежей импортных стоек для крепления отечественных лап: а) лёгкой стойки с подпружинником для отечественной стрелчатой лапы 150 мм; б) тяжёлой для отечественной универсальной стрелчатой лапы 330 мм.	2
6	Расчёт деформаций новых стоек.	Определение НДС в среде ANSYS, определение мест концентраций напряжений, коррекции чертежей	2*
7	Разработка опытного стенда для динамических испытаний стоек.	Разработка конструкции и создание проектной документации и чертежей	1
8	Поиск, приобретение промышленного стенда для динамических испытаний пружин на производстве.	Поиск поставщика в интернете, заключение договора и оплата	6*
9	Доработка промышленного стенда для динамических испытаний пружин на производстве.	Добавление механизма преобразователя 70 мм хода ползуна в деформации носка пружинной стойки 200 мм	2
10	Мониторинг усталостной прочности импортных стоек на стендах (опытном и промышленном).	Циклические нагружения стойки на стенде до разрушения, определение числа циклов	3
11	Разработка кузнечно-прессовой технологии изготовления пружинной стойки.	Определение режимов кузнечно-прессовых операций изготовления стойки из полосового проката	1
12	Разработка технологий термообработки и упрочнения.	Определение режимов термообработки и упрочнения поверхности стойки.	2

13	Изготовление сырых макетов отечественных пружинных стоек.	Создание комплекса технологической оснастки ГОМ и упрочнения	2
14	Отработка режимов термообработки и упрочнения стойки до получения требуемой усталостной прочности в 1,5 млн циклов.	Поочерёдный мониторинг усталостной прочности стоек с разными режимами термообработки и упрочнения	4
15	Изготовление партии опытных образцов стоек.		1
16	Исследование усталостной прочности разработанных образцов пружинных стоек	Циклические нагружения стоек до разрушения на стенде для динамических испытаний	3
17	Полевые испытания культиватора с разработанными стойками	Определение долговечности и степени соблюдения агротребований	2*
18	Разработка предложений для внедрения	Отчёт по поисковой НИР технологии изготовления отечественных пружинных стоек.	2
19	Патентование и внедрение отечественных технологий пружинных стоек		3*
	Итого		36

При совмещении работ длительность можно сократить до 30 месяцев (2,5 года).

ДГТУ имеет значительный задел по изучению конструкций и работы пружинных стоек на кафедре ПиТС ТТС агропромышленного факультета [3]. Разработаны конструкции новых перспективных стоек, методы мониторинга упругих свойств и испытательные стенды. Остаются нерешёнными проблемы кузнечно-прессовых технологий и термообработки. Но есть кафедры и специалисты кузнечно-прессовой и термо - обработки, на которых ляжет основной объём поисковых работ.

При организации работ следует учитывать ряд моментов.

Стоимость самих поисковых работ невелика. Если считать по устоявшимся нормативам, что стоимость НИР должна быть не более 1,0 % от стоимости требуемого годового объёма производства в 1,5 млрд. рублей, что составит 15 млн. руб.

Классическая организация работ должна иметь заказчика, генподрядчика и субподрядные организации. В силу общероссийского характера работ заказчиком должна служить общероссийская научная организация, в роли которой уместно РосТех. В ДГТУ учреждён региональный НОЦ ДГТУ. Генподрядчик – кафедра ПиТС ТТС ДГТУ; субподрядчики - заводы, имеющие опыт и оборудование для кузнечно-прессовой и термической обработки.

Продолжительность работ в связи с сезонностью работ культиваторов составит 2,5 года.

Особенностью работ является необходимость мониторинга упругости и усталостной прочности стоек на стендах (опытном и промышленном).

Экспериментальный мониторинг упругих свойств сведётся к изучению траекторий носка лапы. Для этого в ДГТУ разработан ряд нагрузочных стендов, один из которых с винтовым механизмом статического нагружения приведён на рис. 4. Исследуемая стойка 1 крепится на раме 3 стенда. Нагрузка прикладывается на носок лапы тягой 3 от винтового механизма 5 через динамометр 4.

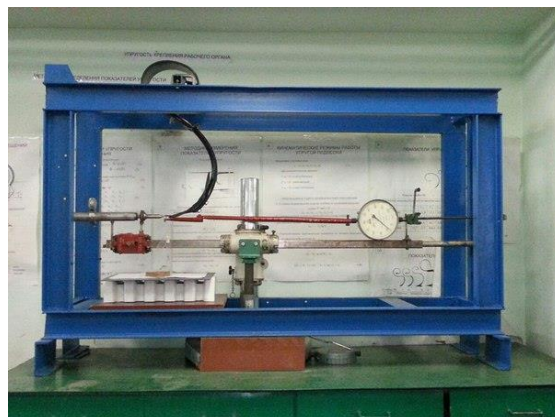


Рисунок 4 - Нагрузочный стенд со стойкой «Vibroflex»: 1- пружинная стойка; 2 – рама; 3 – тяга; 4 – динамометр; 5 – винтовой механизм нагружения; 6 – суппорт; 7 – столик; 8 – рейсмус; 9 – муфта с рычагом.

Механизм нагружения установлен на суппорте 6, который может перемещаться по вертикали, что позволяет точно поддерживать горизонтальность приложения нагрузки, независимо от упругих смещений носка лапы. Для удобства контроля выглубления носка лапы он соединён с рычагом на подвижной муфте 9. Рычаг увеличивает смещения. Горизонтальные смещения носка проецируется рейсмусом 8 на столике 7 и фиксируются на бумаге.

Простота станда не оказывает существенного влияния на стоимость работ.

Сложнее обстоит со стандами для динамического мониторинга усталостной прочности стоек.

Производство пружинных стоек предусматривает испытания стоек на усталостную прочность.

Можно приобрести промышленные испытательные станды, внесённые в единый Госреестр средств измерений России www.ndt-td.ru/katalog/mashini-dlya-ispitaniya-pruzhin.html (рис. 5).

		
LST1500	МИП-У-50	МИРС-10
www.ndt-td.ru/katalog/mashini-dlya-ispitaniya-pruzhin.html	Тюмень 8-800-551-11-01 https://ufa.velmas.ru/catalog/	https://www.i-mach.ru/product/mirs.html

Рисунок 5 - Машины для испытания пружин на усталость

Машины LST1500 и МИП-У-50 – с механическим шумным приводом, МИРС-10 – бесшумный, гидравлический. Эти машины осуществляют циклическое сжатие-растяжение пружин поступательным движением Пуассона, что не годится для пружинных стоек, имеющих нелинейную траекторию деформаций под нагрузкой. Потребуется доработка механизма нагружения для пружинных стоек.

Отечественные заводы по изготовлению пружин и рессор автомобилей и железнодорожных вагонов имеют такие станды. Но стоимость их более 10 млн. рублей способна сильно завесить стоимость и трудоёмкость работ.

В ДГТУ разработаны специализированные станды для динамического мониторинга усталостной прочности стоек, один из которых приведён на рис. 6. В нём механизм нагружения выполнен в виде кривошипно-коромыслового механизма, в котором роль коромысла играет сама пружинная стойка.

Электродвигатель 7 через ременную передачу приводит во вращение кривошип 2, который через регулируемый шатун 3 воздействует на конец пружинной стойки 3, вызывая её переменные деформации. Стойка крепится на опорном брусе 6 к раме 1 станда. Рама выполнена из перфорированных швеллеров для возможности подстройки высоты крепления стоек разных размеров. Для жёсткости соединения применены косынки из листового материала. На швеллерах установлена плита механизма колебателя с приводом. Переустановкой плиты по перфорациям подбирается положение колебателя для разных стоек разных размеров отнесения носка.

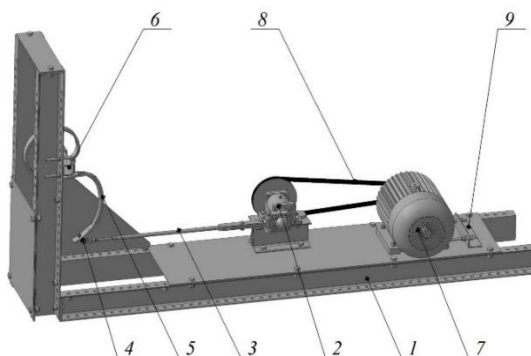


Рисунок 6 - Стенд динамический: 1 - рама; 2 - кривошип; 3 - шатун; 4 - кронштейн; 5 - стойка; 6 - брус; 7 - электродвигатель; 8 - ремень; 9 - натяжное устройство.

Такие стенды значительно дешевле и более удобны в обслуживании, но цифровизация, обработка результатов и сервисы не развиты, что затрудняет мониторинг, но снижает стоимость работ. Такие стенды следует выпускать промышленно и сделать обязательными на машино-испытательных станциях (МИС).

Мониторинг усталостной прочности должен производиться в больших масштабах и для импортных стоек, и для опытных поисковых стоек. Длительность циклических испытаний для 1,5 млн. циклов 50...100 часов, порядка недели. Всё это говорит о трудоёмкости поисковых работ.

Несмотря на эти трудности импортозамещение пружинных стоек культиваторов даст не только технологическую независимость отечественного культиваторостроения и снижение затрат на импорт запчастей, но оно снизит экологические риски. Дело в том, что постановка на отечественные стойки отечественных стрельчатых лап даёт культиваторам дополнительную экологически чистую функцию – подрезание сорняков. Это позволит снизить или исключить применение импортных гербицидов на отечественных полях. Экономическая эффективность повышения экологичности такой культивации трудно заранее подсчитать, но несомненно в перспективе она значима и значительна.

В целом, анализ предпроектной ситуации показывает, что работы по импортозамещению пружинных стоек культиваторов должны носить комплексный характер, совмещать расчётные, проектные и технологические работы, применения дорогостоящего испытательного и термического оборудования. Но имеющийся научный и технический потенциал российских машиностроителей достаточен для решения проблемы.

Список использованных источников

1. Игнатенко И.В. Энергетические аспекты взаимодействия упруго закреплённого рабочего органа с почвой в земледельческой механике: Монография/ И.В. Игнатенко И.В. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002.- 160 с. ISBN 5-7890-0228-5

2. Прогноз научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года / М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2017. – 138 с.

3. Терраупругость. Применение для разработки упругих рабочих органов культиваторов: Монография .- Ростов н/Д . Издат. Центр ДГТУ 2011. 132 с. ISBN 978-5-7890-0585-9.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.