

## Сельскохозяйственные машины с трубчатыми упругими элементами

*С.П. Пирогов, А.Ю. Чуба*

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень*

**Аннотация:** В статье рассмотрены варианты использования трубчатых упругих элементов в сельскохозяйственных машинах. Несоблюдение агротехнических требований при проведении предпосевной обработке почвы и посеве может привести к значительному снижению урожайности. Одним из важных требований является соблюдение глубины обработки почвы и глубины заделки семян. Использование трубчатых упругих элементов в сельскохозяйственных машинах совместно с системами отслеживания рельефа и плотности почвы, позволяет соблюдать глубину обработки почвы и глубину высева на почвах с разными физико-механическими свойствами в автоматическом режиме. Кроме того, применение трубчатых элементов позволяет повысить эффективность самоочистки рабочего органа от сорняков, снижается тяговое сопротивление рабочего органа.

**Ключевые слова:** трубчатый упругий элемент, гибкий упругий элемент, трубчатая пружина, стойка культиватора, подвеска сошника.

В трубчатых упругих элементах используется свойство полой тонкостенной трубки некругового сечения деформироваться под действием подводимого давления [1, 2]. Трубчатый элемент представляет собой трубку, изогнутую по определенному радиусу и имеющую поперечное сечение значительно отличающееся от круглого. Один конец трубки герметично соединен со штуцером и закреплен, а другой должен быть герметично заглушен и соединен с механизмом. Через отверстие в держателе во внутреннюю полость трубки можно подавать (отводить) газ или жидкость с целью изменения давления в полости. Под действием давления происходит деформация поперечных сечений трубки и она изгибается, а ее свободный конец совершает перемещение и может передавать усилие. Величина этого хода и величина усилия зависят от материала трубки, величины давления и геометрических параметров трубки.

Первоначально упругие чувствительные элементы нашли применение в приборах для измерения давления и температуры [3, 4]. Затем стали применяться и в других целях, например в качестве силовых элементов тормозов, манипуляторов, реле-переключателей и т.д. [5-9]. Преимущество

---

таких конструкций в том, что они не содержат трущихся частей и являются герметичными, что позволяет использовать их в вакууме.

Одним из направлений применения манометрических пружин является использование их в сельскохозяйственной технике.

Трубчатые упругие чувствительные элементы нашли применение в рабочих органах почвообрабатывающих и посевных машин. Известна запатентованная конструкция рабочего органа культиватора [10] рис. 1. Основные элементы рабочего органа культиватора: рыхлительная лапа 1, стойка 2, штуцер 3, рама 4, кронштейн 5.

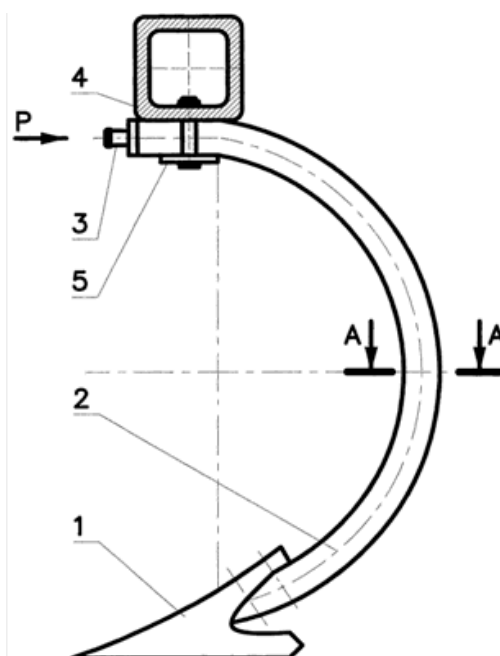


Рис.1 – Рабочий орган культиватора

В данном патенте указано, что стойка изготавливается из сплюснутой трубки(эллиптического или плоскоовального сечения) С-образной формы, на ее конце закреплена рыхлительная лапа. В процессе обработки почвы сила сопротивления почвы изменяется, что приводит к колебаниям стойки. Подача рабочей жидкости под переменным давлением в полость стойки 2 через штуцер 3 рабочей жидкости вызывает колебательные движения конца

стойки с рыхлительной лапой 1. Частота и амплитуда этих колебаний могут регулироваться параметрами подаваемого давления. И можно задать режимы колебаний, совпадаемые по частоте с колебаниями, возникающими от сил сопротивления почвы, что позволит снизить тяговое сопротивление агрегата на различных видах почв и повысить эффективность самоочистки рабочего органа.

Следующая полезная модель [11] отличается тем, что большая полуось поперечного сечения трубки является продолжением радиуса кривизны самой стойки. Это приводит еще и, кроме всего перечисленного выше, к тому, что увеличивается жесткость по отношению к силам сопротивления почвы, снижается металлоемкости конструкции.

Известны сошники почвообрабатывающих агрегатов на упругих стойках рабочих органов С и S-образного типа, имеющих прямоугольное и трубчатое поперечное сечение. В качестве рабочего органа сошника применяется стрелчатая культиваторная лапа. Недостатком этих конструкций является недостаточно точное соблюдение агротехнических требований по глубине заделки семян. С целью обеспечения возможности точного соблюдения глубины высева семян в патенте [12] предложена конструкция сошника. Стрелчатая культиваторная лапа закреплена на S-образной части стойки, которая является продолжением S-образной части стойки. Стойка крепится к раме посредством кронштейна. Для транспортировки семян в почву имеется семяпровод. Стойка имеет такое поперечное сечение, что большая полуось поперечного сечения расположена перпендикулярно к плоскости кривизны стойки. Каждая часть сварной стойки представляет собой упругий трубчатый элемент и имеет штуцер для подачи давления в соответствующие внутренние полости (не соединенные между собой). Для раскрытия возможностей данного сошника перед ним необходимо установить копирующее устройство, реагирующее на изменение

---

рельефа почвы при движении и подающее данные в блок управления. Данный блок обрабатывает сигнал и управляя гидрораспределителем изменяет величину давлений, подаваемых в полости стойки. Это приводит к деформации поперечных сечений стойки и перемещению стрелчатой лапы в вертикальной плоскости, что дает возможность соблюдать глубину заделки семян.

Предложена также конструкция сошника [13], которая отличается от предыдущей наличием пластинчатых вкладышей во внутренних полостях стойки.

Известна полезная модель [14], в которой S-образная стойка состоит из двух C-образных частей: гибкого трубчатого элемента, закрепленного на раме, и элемента прямоугольного сечения, на котором закреплена стрелчатая лапа. Трубчатый элемент имеет такую форму поперечного сечения, что большая ось поперечного сечения перпендикулярна плоскости кривизны стойки. В процессе культивации почвы или посева сельскохозяйственных культур стерневыми сеялками (с использованием рассматриваемых стоек) сила сопротивления почвы стремится вытолкнуть лапу на поверхность, что уменьшает глубину обработки, а это нарушение агротехнологических требований. Отклонение стойки от определенного значения фиксируется специальным датчиком, связанным с гидрораспределителем, который подает жидкость под давлением через штуцер во внутреннюю полость гибкого трубчатого элемента. В результате трубчатый элемент изгибается и лапа заглубляется. Это дает возможность соблюдать глубину при выполнении предпосевной обработки почвы и заделке семян на различных почвах (легких, средних и тяжелых). Несоблюдение агротехнологических требований при посеве может привести к значительному снижению урожайности. Одним из путей соблюдения глубины заделки семян видится применение подвесок сошников сеялок с

---

автоматически изменяемой жесткостью. Известна также полезная модель механизма подвески сошника с автоматически изменяемой жёсткостью [15], позволяющая работать на различных типах почв без предварительной регулировки. Подвеска (рис.2) устроена следующим образом: С-образный гибкий трубчатый элемент 3 с некруглой формой поперечного сечения имеет герметичную внутреннюю полость, для подачи в полость трубчатого элемента жидкости под давлением имеется штуцер 6. Трубчатый элемент одним концом жестко закреплен на раме 4 сеялки, а вторым соединен посредством скобы 5 с поводком 1, несущим на конце сошник 2.

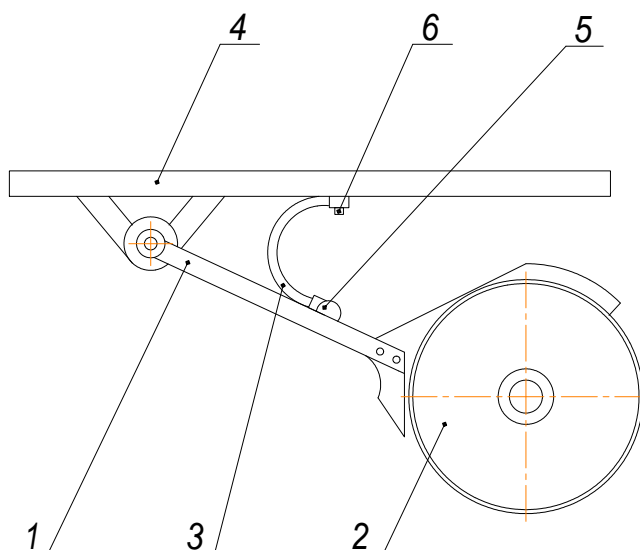


Рис.2 – Подвеска дискового сошника

Повышение давления во внутренней полости приводит к разгибанию трубчатого элемента, что вызывает опускание поводка с сошником, а снижение внутреннего давления позволяет сошнику подниматься. Использование в данном случае системы управления гидрораспределительной системой трактора, с использованием системы отслеживания рельефа и плотности почвы [16, 17], позволяют соблюдать глубину высева на почвах с разными физико-механическими свойствами в автоматическом режиме.

Сдерживающим фактором такого широкого применения упругих трубчатых элементов являлось отсутствие методик расчета их технических характеристик. Разработка таких методов расчета и составление алгоритмов расчетов на их основе, реализация их в прикладных программах для ЭВМ [18 - 20], позволяют подобрать необходимые геометрические параметры упругих трубчатых элементов.

### Литература

1. Bourdon M.E. A description of mercuryless metallic pressure gages for indicating steam pressure in boiler. Bulletin de la'Societe d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 59, 1851, p.197.
2. Hill E. Bourdon Metallic Barometer. Messenger of Mathematics, 1872, 1, p.15.
3. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов М.: Машгиз, 1962. 456 с.
4. Корсунов В.П. Упругие чувствительные элементы Саратов: Издательство Саратовского ун-та, 1980. 264 с.
5. Буженко В.Е. Исследование трубчатых пружин, работающих в силовом режиме: дис. канд. техн. наук: защищена: утв. / Тюмень, 1978. 143 с.
6. Гаврюшин С.С., Барышникова О.О., Борискин О.Ф. Численные методы в проектировании гибких упругих элементов. Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. 200 с.
7. Александрова А.Т. Новые способы передачи и формирования движения в вакууме. М.: Высшая школа, 1979. 69 с.
8. Александрова А.Т., Горюнов А.А., Ермаков Е.С. Вакуумные манипуляторы // Электронная промышленность. 1981. № 10. С. 10 - 20.
9. Александрова А.Т., Ермаков Е.С. Гибкие производственные системы электронной техники. М.: Высшая школа, 1989. 69 с.
10. Патент РФ на изобретение № 2428825, МПК А01В 35/20, А01В 35/32, А01В 39/20, Рабочий орган культиватора/ Н.Н. Устинов, С.Н.



Кокошин, Н.И. Смолин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Тюменская ГСХА. №2009136304/21; заявл. 30.09.2009; опубл.20.07.2011, Бюл. №26.

11. Патент РФ № 116000 U1 на полезную модель, А01В 39/20, А01В 35/20. Рабочий орган культиватора/ А.А. Маратканов, Н.И. Смолин, С. Н. Кокошин, Н.Н. Устинов. Заявл. 03.05.2011, опубл. 20.05.2012.Бюл. №14.

12. Патент РФ на полезную модель № 94406, МПК А 01С 7/20 (2006.01) Сошник/ Н.Н. Устинов, С.Н. Кокошин, Н.И. Смолин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Тюменская ГСХА. №2009149569/22; заявл. 30.12.2009; опубл.27.05.2010, Бюл. №15.

13. Патент РФ на изобретение № 2432729 МПК А01С 7/20, Сошник/ С.Н. Кокошин, Н.Н. Устинов, С.П. Пирогов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Тюменская ГСХА. №2009146254/21; заявл. 14.12.2009; опубл.10.11.2011, Бюл. №31.

14. Патент РФ № RU 154527 U1 на полезную модель. Стойка лапового рабочего органа/ С.Н.Кокошин, Б.О.Киргинцев. Заявл. 11.11.2014, опубл. 27.08.2015. бюл. №2.

15. Патент на полезную модель №164384.Механизм подвески дискового сошника / С.Н.Кокошин, Б.О.Киргинцев. Заявл.23.11.15, Опубл. 9.08.2016 Бюл. № 24.

16. Скурятин Н.Ф., Мерцкий С.В. Совершенствование процесса посева зерновых на склоновых почвах // Инженерный вестник Дона, 2012, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662/).

17. Михайлин А.А. Анализ устойчивости обрабатываемых влагонасыщенных склоновых почв // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1182/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1182/).

18. Свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ. 2005610556 РФ Программный комплекс «Модуль для расчета трубчатых

---



манометрических пружин» / С.С. Самакалев, С.П. Пирогов, Н.И. Смолин 2005610024; заявл. 11.01.2005; опубл. 20.06.2005, Бюл. №2 (51). С. 129-130.

19. Свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ 2007612005 РФ. Программный комплекс «ПКРМТП» для расчета манометрических трубчатых пружин / Чуба А.Ю., Самакалев С.С., Пирогов С.П. № 2007611194; Заявл. 2.04.2007; Опубл. 17.05.2007.

20. Свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ 2015615645 РФ. Программный комплекс для расчета манометрических пружин (МАНОМЕТР) / Черенцов Д.А., Пирогов С.П., Чуба А.Ю. - №2015612166; Заявл.: 25.03.15; Опубл.: 22.05.15.

### References

1. Bourdon M.E. A description of mercuryless metallic pressure gages for indicating steam pressure in boiler. Bulletin de la'Societe d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 59, 1851, p.197.
2. Hill E. Bourdon Metallic Barometer. Messenger of Mathematics, 1872, 1, p.15.
3. Andreeva L.E. Uprugie jelementy priborov [Elastic elements of the devices]. M. :Mashgiz, 1962. 456 p.
4. Korsunov V.P. Uprugie chuvstvitel'nye jelementy. Saratov [Elastic sensing elements]: Izdatel'stvo Saratovskogo un-ta, 1980. 264 p.
5. Buzhenko V.E. Issledovanie trubchatyh pruzhin, rabotajushhih v silovom rezhime: dis. kand. tehn. nauk: zashhishhena: utv. Tjumen', 1978. 143 p.
6. Gavrjushin S.S., Baryshnikova O.O., Boriskin O.F. Chislennye metody v proektirovanii gibkih uprugih jelementov [Numerical methods in the design of flexible elastic elements]. Kaluga : GUP «Oblizdat», 2001. 200 p.
7. Aleksandrova A.T. Novye sposoby peredachi i formirovanija dvizhenija v vakuume [New ways to transfer and formation motion in a vacuum]. M.: Vysshaja shkola, 1979. 69 p.





8. Aleksandrova A.T., Gorjunov A.A., Ermakov E.S. Jelektronnaja promyshlennost'. 1981. № 10. pp. 10 - 20.

9. Aleksandrova A.T., Ermakov E.S. Gibkie proizvodstvennyye sistemy jelektronnoj tehniki. [Flexible production systems of electronic engineering]. M.: Vysshaja shkola, 1989. 69 p.

10. Patent RF na izobrenenie № 2428825, MPK A01V 35/20, A01V 35/32, A01V 39/20, Rabochij organ kul'tivatora. N.N. Ustinov, S.N. Kokoshin, N.I. Smolin; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Tjumenskaja GSHA. №2009136304/21; zajavl. 30.09.2009; opubl.20.07.2011, Bjul. №26.

11. Patent RF № 116000 U1 na poleznuju model', A01V 39/20, A01V 35/20. Rabochij organ kul'tivatora. A.A. Maratkanov, N.I. Smolin, S. N. Kokoshin, N.N. Ustinov. Zajavl. 03.05.2011, opubl. 20.05.2012. Bjul. №14.

12. Patent RF na poleznuju model' № 94406, MPK A 01S 7/20 (2006.01) Soshnik. N.N. Ustinov, S.N. Kokoshin, N.I. Smolin; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Tjumenskaja GSHA. №2009149569/22; zajavl. 30.12.2009; opubl.27.05.2010, Bjul. №15.

13. Patent RF na izobrenenie № 2432729 MPK A01S 7/20, Soshnik. S.N. Kokoshin, N.N. Ustinov, S.P. Pirogov; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Tjumenskaja GSHA. №2009146254/21; zajavl. 14.12.2009; opubl.10.11.2011, Bjul. №31.

14. Patent RF № RU 154527 U1 na poleznuju model'. Stojka lapovogo rabocheho organa. S.N.Kokoshin, B.O.Kirgincev. Zajavl. 11.11.2014, opubl. 27.08.2015. bjul. №2.

15. Patent na poleznuju model' №164384. Mehanizm podveski diskovogo soshnika. S.N.Kokoshin, B.O.Kirgincev. Zajavl.23.11.15, Opubl. 9.08.2016 Bjul. № 24.

16. Skurjatin N.F., Mereckij S.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662/).

---



17. Mihajlin A.A. . Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1182/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1182/).
18. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy JeVM. 2005610556 RF Programmnyj kompleks «Modul' dlja rascheta trubchatyh manometricheskikh pruzhin». [Certificate of official registration of the computer program. 2005610556 RF Software package "Module for calculation of tubular manometric springs"]. S.S. Samakalev, S.P. Pirogov, N.I. Smolin. 2005610024; zajavl. 11.01.2005; opubl. 20.06.2005, Bjul. №2 (51). pp. 129-130.
19. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy JeVM 2007612005 RF. Programmnyj kompleks «PKRMTP» dlja rascheta manometricheskikh trubchatyh pruzhin. [Certificate of official registration of the computer program 2007612005 of the Russian Federation. Program complex "PKRMTP" for calculation of manometric tubular springs]. Chuba A.Ju., Samakalev S.S., Pirogov S.P. № 2007611194; Zajavl. 2.04.2007; Opubl. 17.05.2007.
20. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy JeVM 2015615645 RF. Programmnyj kompleks dlja rascheta manometricheskikh pruzhin (MANOMETR). [Certificate of official registration of the computer program 2015615645 RF. Software package for calculating manometric springs (MANOMETER)]. Cherencov D.A., Pirogov S.P., Chuba A.Ju. №2015612166; Zajavl.: 25.03.15; Opubl.: 22.05.15.