

УДК 631.316.02

АДАПТИВНЫЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ КУЛЬТИВАТОР ДЛЯ ОБРАБОТКИ КАМЕНИСТЫХ ПОЧВ



А.Б.КУДЗАЕВ,
докт. техн. наук, профессор,



Т.А.УРТАЕВ,
ст. преподаватель

Горский государственный аграрный университет, e-mail: akudzaev@rambler.ru; tamu_1984@mail.ru,
г. Владикавказ, Республика Северная Осетия – Алания, Российская Федерация

Практика эксплуатации культиваторов на каменистых почвах Республики Северная Осетия – Алания с высокой твердостью и влажностью показывает, что тяговое сопротивление в процессе работы варьируется в широком диапазоне, с отклонением от среднего значения более чем в 2 раза. Оптимально настроить машину на заданный почвенный фон при помощи большинства современных механизмов регулировки не всегда удается. Настройка данных машин сводится к выбору приоритета между эффектом вибрации рабочих органов в почве, поддержанием заданной глубины обработки и запасом хода стойки, необходимым для выглубления рабочего органа при обходе крупных камней. Установили, что для обеспечения эффектов энергосбережения и соблюдения заданной глубины обработки почвы с различной твердостью при оснащении стоек культиватора разными рабочими органами машина должна иметь конструкцию с возможностью оперативной настройки на изменяющиеся условия работы. Разработали пропашной культиватор с возможностью быстрой настройки (в том числе автоматической). В процессе исследований определили основные параметры упругой составной стойки и параметры пневматического привода механизма регулировки предложенной секции культиватора. Выявили, что жесткость системы в вариантах компоновки предложенными упругими стойками с давлением воздуха до 0,6 МПа изменяется от 17,7 до 45,3 Н/мм. Установили эффективные значения давления в пневматическом приводе секций культиватора 0,4-0,5 МПа. В результате тяговое сопротивление стрельчатой лапы и окуливающего корпуса ОК-3 при работе на каменистых почвах снижается на 30-35 процентов, по сравнению с жестким вариантом крепления.

Ключевые слова: каменистая почва, пропашной культиватор, стойка культиватора, обработка почвы, тяговое усилие.

Обработка почвы большинства земель горной и предгорной зон РСО-Алания сопровождается ухудшением агротехнических и эксплуатационных показателей почвообрабатывающих машин. Негативное влияние оказывают такие факторы, как повышенная твердость почвы, наличие крупных камней и сложность рельефа обрабатываемых участков с уклоном, превышающим в отдельных случаях 9°. Эксплуатация в таких ус-

ловиях культиваторов для сплошной и междурядной обработки сопровождается поломками, повышенным тяговым сопротивлением, что приводит к перерасходу топлива, а также ухудшает качество работы [1]. Частично решить эти проблемы можно, если оборудовать машины предохранителями рабочих органов и упругими стойками с возможностью индивидуальной регулировки их упругости для обеспечения стабильности хода рабочих орга-

нов в почве по глубине (отклонение не более ± 1 см). Однако используемый в большинстве известных конструкций ручной способ индивидуальной регулировки упругих стоек при помощи винтовых механизмов малоэффективен, особенно в тех случаях, когда требуется частая перенастройка машины на другой почвенный фон.

Для максимальной эффективности настройки рабочих органов необходимо отдельно регулировать упругую стойку культиваторной секции и предохранитель. То есть, натяжка предохранителя на усилие срабатывания не должна быть в ущерб эффективности колебаний стойки в почве (амплитуде и частоте, при которых достигается максимальное энергосбережение), а также качеству работы (равномерности хода рабочего органа по глубине). Стабильность хода рабочего органа по глубине, в свою очередь, не должна отрицательно влиять на высоту выглубления рабочего органа.

В связи с вышеизложенным, для снижения тягового сопротивления и соблюдения заданной глубины обработки актуально создание культиватора с групповой регулировкой секций с упругими стойками.

Цель исследований – повышение точности соблюдения заданной глубины обработки засоренной камнями почвы с одновременным снижением энергоемкости процессов обработки почвы и объема камней.

Материалы и методы. В Горском ГАУ разработана схема секции культиватора с устройством регулировки пневматического типа (рис. 1).

Принцип работы механизма регулировки секции культиватора заключается в изменении усилия на штоке пневматической камеры от изменяемого в ней давления сжатого воздуха, подводимого через регулятор с впускным и выпускным клапанами от ресивера или компрессора трактора [2].

Теоретические исследования предложенной культиваторной секции свелись к определению рациональных параметров упругой скобы, упругой стойки, пневматического привода и пружинного предохранителя.

Важнейшим параметром, определяющим работоспособность культиваторной секции с точки зрения стабильности хода рабочего органа по глубине обработки почвы в процессе его автоколебаний, стало отклонение рабочего органа в горизонтальной и вертикальной плоскостях от действующего на него усилия (тягового сопротивления).

Принимая во внимание, что горизонтальное отклонение рабочего органа и его выглубление тесно взаимосвязаны, в общем случае условие стабильности хода рабочего органа в почве запишем следующим образом:

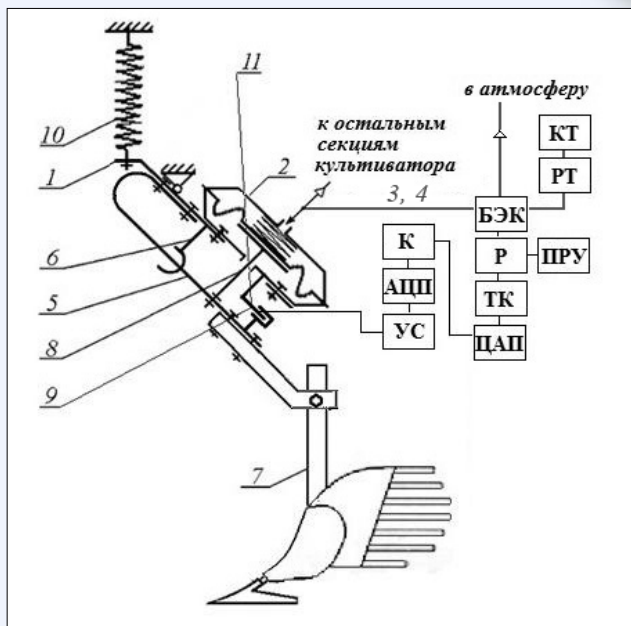


Рис. 1. Схема культиваторной секции с устройством регулировки: 1 – кронштейн, 2 – диафрагменный пневмопривод, 3, 4 – блок с электромагнитными впускным и выпускным клапанами (БЭК), 5 – упругая скоба, 6 – двуплечий вильчатый упор (ограничитель хода), 7 – стойка с рабочим органом, 8 – шток пневмокамеры, 9 – нажимная пластина, 10 – предохранительная пружина, 11 – тензометрический датчик, УС – усилитель сигнала тензодатчика, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, К – компьютер, ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь, ТК – тиристорные ключи, Р – реле, РТ – ресивер трактора, КТ – компрессор трактора, ПРУ – пульт ручного управления

$$A_{Pcp} + \frac{P_0}{c \sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\kappa^2}\right)^2 + \frac{4n^2\omega^2}{\kappa^4}}} \leq [A] \quad (1)$$

где A_{Pcp} – горизонтальное отклонение рабочего органа при среднем тяговом сопротивлении P_{cp} , м;
 P_0 – амплитуда возмущающей силы тягового сопротивления, Н;

c – горизонтальная жесткость колеблющейся системы, Н/м;

ω – частота вынужденных колебаний от действия возмущающей силы, рад/с;

κ – собственная частота свободных колебаний системы без затухания, рад/с;

n – коэффициент затухания, определяемый по значению амплитуд A_i и A_{i+1} двух последовательных циклов колебаний в рабочей среде (почве) с учетом соответствующего этим амплитудам времени T_i и T_{i+1} , [3].

$$n = \frac{\ln \frac{A_i}{A_{i+1}}}{T_{i+1} - T_i} \quad (2)$$

[A] – величина максимально допустимой амплитуды, при которой отклонение рабочего органа от глубины обработки почвы находится в пределах агротехнических требований $\pm 0,01$ м.

При этом зависимость вертикального отклонения Δh рабочего органа от горизонтального отклонения A имеет определенную характеристику, которая может меняться при разном усилии P на штоке пневмокамеры, то есть:

$$\Delta h = f(A, P_k),$$

где A – величина горизонтального отклонения, м;

P_k – давление воздуха в пневмокамере, МПа.

В ходе исследований выявили формулу для определения требуемого усилия на штоке пневмокамеры с учетом перемещения в пределах половины его хода с диапазоном давления воздуха до 0,6 МПа:

$$P_k = 0,262 p_0 \cdot k_s \cdot D^2 (1 + k_d + k_d^2) + c_{k1} \cdot S, \quad (3)$$

где p_0 – начальное давление воздуха в пневмокамере, МПа;

k_s – коэффициент, учитывающий изменение угла наклона боковых поверхностей диафрагмы в зависимости от хода штока, $k_s = (0,6674 + 27,166 \cdot S)$;

D – диаметр диафрагмы камеры, м;

k_d – коэффициент, учитывающий отношение диаметра диафрагмы камеры D к диаметру жесткого центра D_1 штока камеры, $k_d = \frac{D_1}{D}$;

c_{k1} – обобщенный коэффициент жесткости совместно действующих пружины и диафрагмы;

S – перемещение штока камеры, м.

Примем допущение, что упругая скоба составной стойки ввиду малого ее радиуса закругления представляет собой шарнир с небольшой угловой жесткостью (рис. 2).

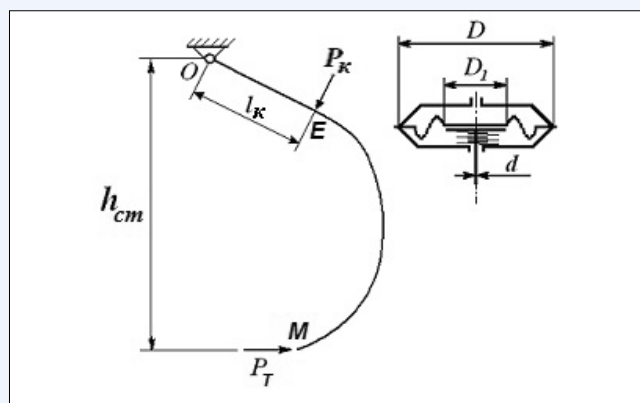


Рис. 2. Схема к обоснованию параметров пневматической камеры

Тогда с учетом (3) и после соответствующих преобразований зависимость диаметра диафрагмы пневмокамеры от конструктивных параметров упругой составной стойки можно определить по выражению:

$$D = \left[\frac{\frac{P_T h_{cm}}{l_k} - c_{k1} S}{(0,17486 p_0 + 7,1175 p_0 S)(1 + k_d + k_d^2)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где P_T – тяговое сопротивление, Н;

h_{cm} – высота стойки, м;

l_k – длина звена от штока до шарнира, м.

С учетом значений горизонтальной жесткости упругих стоек 15-25 Н/мм для основных почвенных фонов и рекомендованных значений 26-44 Н/мм для каменистых почв РСО-Алания[3] в результате теоретических расчетов нами были установлены основные параметры упругой составной стойки и параметры пневматического привода механизма регулировки предложенной секции культиватора: радиус скобы $r_{ск} = 0,030-0,038$ м; ширина скобы $b_{ск} = 0,065-0,070$ м; толщина скобы $h_{ск} = 0,012$ м; высота стойки $h_{cm} = 0,60-0,65$ м; длина звена от оси штока пневмокамеры до шарнира $l_k = 0,185-0,210$ м; диапазон необходимых усилий на штоке пневмокамеры $P_k = 1135$ Н; тип диафрагмы пневмокамеры – тарельчатый, с диаметром диафрагмы $D = 0,15-0,17$ м и диапазоном начальных давлений $p_0 = 0-0,6$ МПа [4].

В процессе дальнейших исследований установлено, что жесткость системы при указанном диапазоне начальных давлений воздуха изменяется от 17,7 до 45,3 Н/мм, а характеристика отклонения имеет вид ломаной линии с двумя участками: первый – деформация упругой скобы и нижней части стойки, а второй участок (большей крутизны) – их деформация с перемещением штока пневмокамеры (рис. 3).

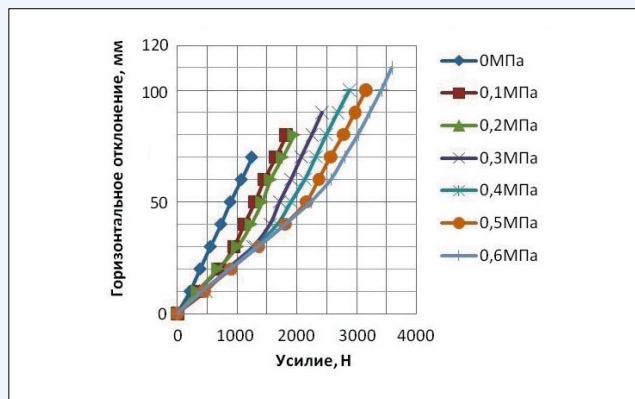


Рис. 3. Зависимость горизонтального перемещения рабочего органа от действия на него усилия и давления воздуха в пневмокамере в пределах отклонения рабочего органа по высоте до 10 мм

Таким образом, оснащение культиватора разработанными секциями позволяет, не выходя за пределы агродопуска по глубине обработки, эффективно эксплуатировать машину на различных режимах и почвенных фонах с разными рабочими



Рис. 4. Общий вид адаптивного энергосберегающего пропашного культиватора в процессе нарезки гребней в горах на каменистом участке

органами.

По результатам полевых исследований отдельной секции созданной машины установлены рекомендуемые значения давлений в пневматическом приводе (0,4-0,5 МПа), при которых тяговое сопротивление стрелчатой лапы и окучивающего корпуса ОК-3 на упругой стойке снижается на 30-35 % по сравнению с жестким вариантом крепления (рис. 4, 5) [5].

Выводы

1. Разработан адаптивный энергосберегающий культиватор для обработки каменистых почв, обе-

Литература

1. Джавадов Р.Д. Теоретическое обоснование комбинированного полупассивного почвообрабатывающего рабочего органа культиватора // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 4. – С. 33-37.
2. Кудзаев А.Б., Цгоев А.Э., Коробейник И.А. и др. Секция многофункционального культиватора // Патент РФ №2375860. – 2008.
3. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических

References

1. Dzhavadov R.D. Teoreticheskoe obosnovanie kombinirovannogo poluaktivnogo pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa kul'tivatora [Theoretical justification of the combined semi-active soil-cultivating working element of a cultivator]. Sel'skikh khozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2009. No 4. pp. 33-37 (Russian).

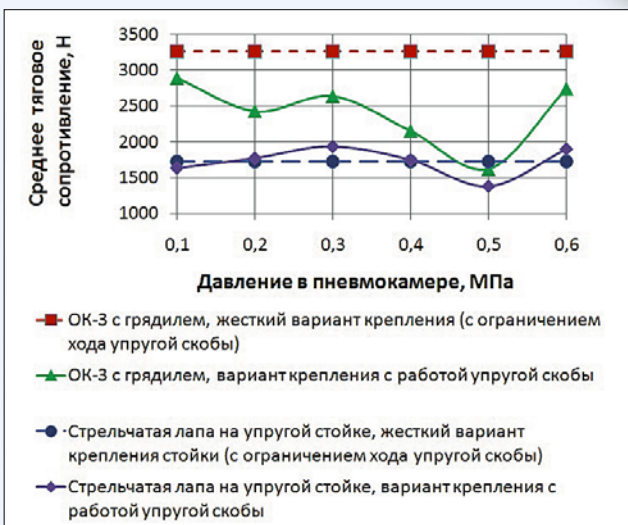


Рис.5. Зависимость тягового сопротивления при различном давлении в вариантах компоновки с корпусом окучника ОК-3 и стрелчатой лапой

спечаивающий возможность быстрой перенастройки машины в соответствии с условиями эксплуатации.

2. Установлены основные параметры упругой составной стойки и параметры пневматического привода механизма регулирования предложенной конструкции.

3. Установлено, что рациональные значения давлений в пневматическом приводе, обеспечивающие снижение тягового сопротивления на 30-35 % и соблюдение глубины обработки в пределах агроподпуска составляют от 0,4 до 0,5 МПа.

колебаний. – М.: Наука, 1989. – 257 с.

4. Кудзаев А.Б., Коробейник И.А. Совершенствование культиватора-растениепитателя для работы на каменистых почвах // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1. – С. 26-29.

5. Кудзаев А.Б., Уртаев Т.А., Цгоев А.Э. Результаты полевых испытаний секции многофункционального культиватора // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 47. – Ч. 2 – С. 135-137.

2. Kudzaev A.B., Tsгоеv A.E., Korobeynik I.A., Savkhalov A.B., Urtaev T.A., 1. Tsгоеv D.V. Sektsiya mnogofunktsional'nogo kul'tivatora [Section of the poly-functional cultivator]. Patent RF №2375860, 2008 (Russian).

3. Panovko Ya.G. Vvedenie v teoriyu mekhanicheskikh kolebaniy [Introduction to theory of mechanical vibrations]. Moscow: Nauka, 1989. 257 pp. (Russian).

4. Kudzaev A.B., Korobeynik I.A. Sovershenstvovanie kul'tivatora-rasteniepitatelya dlya raboty na kamenistykh pochvakh. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii [Improvement of the cultivator-plant-feeder for work on stony soils]. 2014. No 1. pp. 26-29 (Russian).

5. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E. Rezul'taty polevykh ispytaniy seksii mnogofunktsional'nogo kul'tivatora. Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Results of field tests of the poly-functional cultivator]. 2010. T. 47. Ch. 2. pp. 135-137 (Russian).

ADAPTIVE ENERGY-SAVING CULTIVATOR FOR STONY SOILS CULTIVATING

Kudzaev A.B., Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: akudzaev@rambler.ru, **Urtaev T.A.**, e-mail: tamu_1984@mail.ru, Gorskiy State Agrarian University, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russian Federation

Practice of cultivators operation on stony soils in RNO-Alania with high hardness and humidity indicates that traction resistance during the work varies widely, with deviation from the mean value by more than 2 times. Optimally adjust the machine to the soil background when using most modern mechanisms of regulation is not always possible. Customizing the data machine boils down to the choice of priority between the vibration of the working bodies in the soil, the maintenance of the given depth and power reserve stands required to crawl the working body of the big stones. It is very difficult to get in practice the best combination of these three factors, especially on stony soils. Therefore, the machine must be designed with the ability to quickly adjust to changing operating conditions and modes to ensure energy-saving effects and not violations of the specified soil depth of various hardness with the possibility of equipping the machine racks with different working bodies. The interrow cultivator with the possibility of the quick adjustment (including automated) to varying conditions was developed. In the process of studied basic parameters of elastic composite racks and parameters of pneumatic mechanism drive to adjust the proposed section of the machine were established. The system hardness in layouts by elastic bars with air pressure up to 0.6 MPa varies from 17.7 to 45.3 N/mm. It was received effective values of pressures 0.4-0.5 MPa in the pneumatic drive partitions of the machine when operating with universal blade and ridger body OK-3 on stony soil. As a result, traction resistance decreases by 30-35 percent.

Keywords: Stony soil; Interrow cultivator; Tine of the cultivator; Soil cultivating; Traction resistance.

