

УДК 631.312

МЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

И.Н.ШИЛО,

 докт. техн. наук,
профессор,

Н.Н.РОМАНЮК,

 канд. техн. наук,
e-mail: romanyuk-nik@tut.by

В.А.АГЕЙЧИК,

 канд. техн. наук,
Белорусский ГАТУ

При переуплотнении почвы эффективно глубокое рыхление чизельными плугами. Безотвальная обработка на глубину до 45 см и более разуплотняет почву, углубляет пахотный слой, повышает фильтрационную способность тяжелых почв, сохраняет влагу в почве в засушливый период, предотвращает переувлажнение и эрозию почвы. При использовании чизельных орудий необходимо обеспечить надежность работы агрегатов на каменистых почвах. Для этих целей предусмотрен предохранительный механизм рабочих органов. Благодаря ему поддерживается постоянный уровень глубины обработки почвы. Когда рабочие органы обходят препятствие, агрегат не останавливается, сохраняя стабильность усилия срабатывания. Цель исследований – повышение надежности работы машины-глубокорыхлителя на каменистых почвах. В Белорусском ГАТУ изобретен глубокорыхлитель, предложена принципиальная схема и обоснованы конструктивные параметры его предохранительного устройства. При описании принципа действия глубокорыхлителя дана силовая характеристика предохраняющего механизма, отражающая зависимость усилия срабатывания от выглубления. Выявлено, что оптимальным является вариант, когда заглубляющий момент не изменяется при дальнейшем выглублении рабочего органа. Рабочий орган проходит без поломок как крупные камни, так и особо крупные препятствия, а затем возвращается в исходное положение. Данный механический предохранитель существенно повышает надежность работы глубокорыхлителя на каменистых почвах.

Ключевые слова: почвообработка, чизель, каменистая почва, глубокорыхлитель, механический предохранитель.

Обработка почвы – одна из наиболее затратных операций в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, на которую расходуется около 40% энергетических и 25-30% трудовых затрат от всего объема полевых работ [1, 2].

Вследствие многократного прохода тяжелых машинно-тракторных агрегатов по полю наблюдается уплотнение почвы на значительную глубину [3]. Уплотненная почва и плужная подошва, которые образуются при вспашке отвальным плугом на постоянную глубину, препятствуют проникновению корневой системы растений в нижние слои почвы и способствуют застою воды в пахотном горизонте, что ухудшает водно-воздушный режим роста сельскохозяйственных культур и в конечном итоге отрицательно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур, а также экологию агроландшафтов. Уплотнение почвы ходовыми системами тракторов и самоходных машин

снижает урожайность на 8-30%. В значительной степени эти отрицательные явления можно устранить, используя глубокое рыхление чизельными плугами. Преимущества безотвальной обработки почвы на глубину до 45 см и более следующие [4]:

- разуплотнение почвы;
- углубление пахотного слоя;
- повышение фильтрационной способности тяжелых почв;
- сохранение влаги в почве в засушливые периоды и предотвращение переувлажнения – во влажные;
- борьба с водной эрозией почвы.

Кроме того, чизельные орудия в весенний период заменяют отвальные плуги при перепашке зяби и обработке паров, что способствует внедрению более совершенной технологии обработки почвы, улучшает ее плодородие и уменьшает эксплуатационные затраты [5].

При использовании чизельных орудий очень важно обеспечить надежность работы агрегатов на почвах, засоренных камнями, так как простой из-за поломок значительно снижает производительность машинно-тракторных агрегатов.

Для этих целей применяется предохранительный механизм рабочих органов машин для глубокой обработки почвы, благодаря которому поддерживается постоянный уровень установленной глубины обработки отдельными рабочими органами и стабильность хода орудия. При этом рабочие органы должны обходить препятствия без останковки агрегата, сохраняя стабильность усилия срабатывания во времени, «преодоление» максимальных технологических нагрузок усилием срабатывания этого механизма. Требование обеспечить минимальный путь заглубления, предъявляемое к почвообрабатывающим машинам, не является необходимым для данного класса рабочих органов, так как до глубокой обработки или после нее осуществляется основная обработка почвы [6].

В зависимости от назначения и степени засоренности почвы камнями существуют различные способы оснащения орудий предохранительными устройствами. Для почвы, слабозасоренной камнями, используется механический предохранитель неавтоматического действия типа «срезной штифт», для средне- и сильнозасоренной – предохранители гидropневматического действия. Такой дифференцированный подход позволяет наиболее обоснованно подбирать к орудиям различные по сложности изготовления и стоимости предохранители.

Известен глубокорыхлитель РЦП-3,5 для почвы, засоренной камнями, оснащенный предохранительными устройствами, каждое из которых состоит из грядиля, шарнирно закрепленного на раме машины и жестко связанного с рабочим органом. Этот орган удерживается в рабочем положении силой упругости пружины, воздействующей на грядиль через поводок с роликом.

В таком глубокорыхлителе выглубление рабочего органа ограничено, так как при этом заглубляющий момент со стороны пружины стремительно уменьшается до минимального значения, необходимого для обеспечения после обхода препятствия заглубления на пути, соответствующем агротехническим требованиям. Больше выглубление не предусмотрено, так как при такой конструктивной схеме, даже при наличии возможности дальнейшего выглубления рабочего органа, после пересечения роликом линии, соединяющей шарниры крепления пружины и поводка, вернуть его в рабочее положение будет невозможно без применения специальных силовых устройств или разборки пружинного блока машины. Поэтому при встрече глубокорыхли-

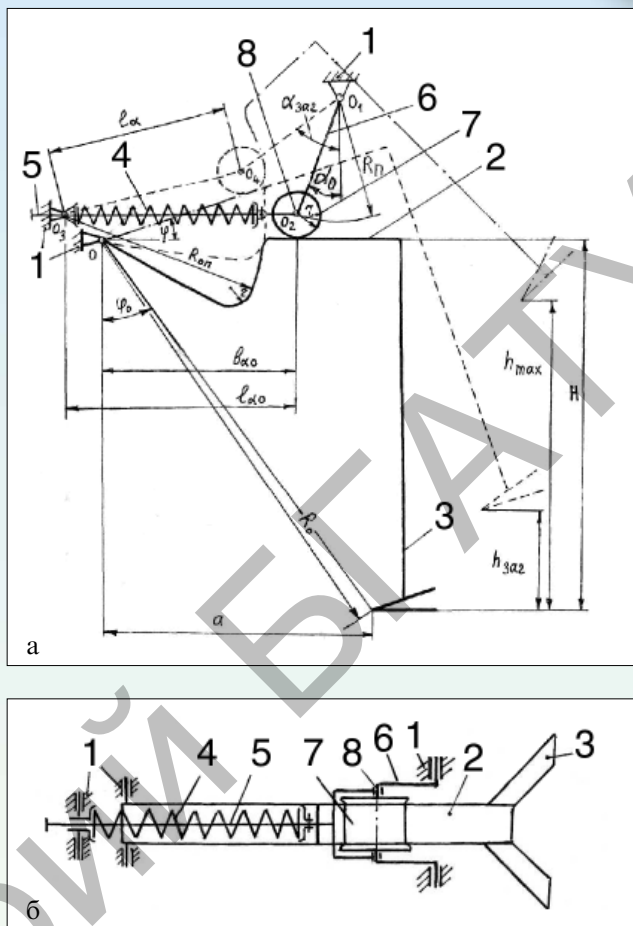


Рис. 1. Глубокорыхлитель: а – вид сбоку; б – вид сверху

теля с более крупными камнями неизбежны поломки его рабочих органов и деталей конструкции.

Цель исследования – повышение надежности работы машины-глубокорыхлителя на почвах, засоренных камнями.

Материал и методы. В Белорусском ГАТУ на уровне изобретения разработан глубокорыхлитель (рис. 1) [7].

Глубокорыхлитель содержит закрепленный в шарнире O на раме 1 машины грядиль 2 с горизонтальным участком, жестко связанный с рабочим органом 3. К раме 1 через шарнир O_3 со стороны шарнира крепления O грядиля прикреплен пружина сжатия 4, установленная на нажимной штанге 5. Со стороны рабочего органа к раме через шарнир O_1 крепится поводок 6 с установленным на его конце роликом 7 на оси 8. Другой конец нажимной штанги с установленной на ней пружиной сжатия крепится к оси (точки O_2 и O_4) ролика.

В ходе исследования определены следующие параметры предохранительного устройства глубокорыхлителя [4].

Угол поворота грядиля :

$$\varphi = \arccos \frac{H - h_{3az}}{R_0} - \varphi_0, \quad (1)$$

где H – расстояние по вертикали между шарниром крепления к раме грядиля и нижней частью рабочего органа, м;

$h_{\text{заг}}$ – выглубление рабочего органа, при котором заглабляющий его момент равен выглубляющему, м;

R_0 – расстояние между носком рабочего органа и шарниром крепления грядиля, м;

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{a}{R_0},$$

где a – расстояние по горизонтали между носком рабочего органа и шарниром крепления грядиля, м.

Угол поворота поводка $\alpha_{\text{заг}}$:

$$\alpha_{\text{заг}} = \arctg \frac{b_{\alpha_0}}{R_n} + \beta - \arcsin \left(\frac{OO_1}{R_n} \sin \beta \right), \quad (2)$$

где $\beta = \arctg \frac{R_n}{b_{\alpha_0}} - \varphi$;

R_n – радиус поворота оси ролика относительно шарнира поводка, м;

b_{α_0} – расстояние от оси поворота грядиля до точки контакта ролика с грядилем при угле между поводком и вертикалью α_0 , м;

OO_1 – расстояние между шарнирами крепления грядиля и поводка, м.

Длина пружины в сжатом состоянии l_{α} :

$$l_{\alpha} = [2R_n^2 + b_{\alpha_0}^2 - 2R_n(R_n^2 + l_{\alpha_0}^2)^{0.5} \cos(\arctg \frac{b_{\alpha_0}}{R_n} - \alpha_{\text{заг}})]^{0.5}, \quad (3)$$

где l_{α_0} – длина пружины при угле поворота поводка $\alpha_0 = 0^\circ$, м;

α_0 – угол между поводком и вертикалью при максимально заглабленном грядиле, град.

В Белорусском ГАТУ предложено выполнить горизонтальный участок грядиля (считая со стороны рабочего органа) переходящим через сопряжение в часть цилиндрической поверхности, образованной из шарнира O_3 крепления пружины к раме радиусом $R_{\text{оп}}$.

Результаты и обсуждение. На основании формул (1)–(3) и рисунка 1а найдена зависимость для определения радиуса опорной цилиндрической поверхности ролика предохранительного устройства $R_{\text{оп}}$:

$$R_{\text{оп}} \geq [2R_n^2 + b_{\alpha_0}^2 - 2R_n(R_n^2 + l_{\alpha_0}^2)^{0.5} \cos(\arctg \frac{b_{\alpha_0}}{R_n} - \alpha_{\text{заг}})]^{0.5} + r, \quad (4)$$

где r – радиус ролика, м.

Предложенный глубокорыхлитель работает следующим образом.

В рабочем положении прямолинейный участок

грядиля занимает горизонтальное положение под действием уравнивающих друг друга относительно шарнира O моментов сил: сопротивления со стороны почвы и усилия пружины, действующего через ролик перемещается на грядиль 2 совместно с весом глубокорыхлителя. При встрече с препятствием грядиль вместе с установленным на нем рабочим органом поворачивается вокруг шарнира O , крепящего его к раме, ролик перекатывается вперед по ходу движения машины, поворачивая поводок вокруг шарнира O_1 и сжимая пружину через нажимную штангу.

При этом вследствие быстрого уменьшения заглабляющего момента из-за изменения положения ролика относительно шарниров O , O_1 и O_3 при выглублении рабочего органа $h_{\text{заг}}$ (определяется экспериментально-теоретическим путем) наступает такое соотношение выглубляющего и заглабляющего моментов, при котором рабочий орган после прохождения препятствия уже не может заглабиться в соответствии с агротехническими требованиями (рис. 2).

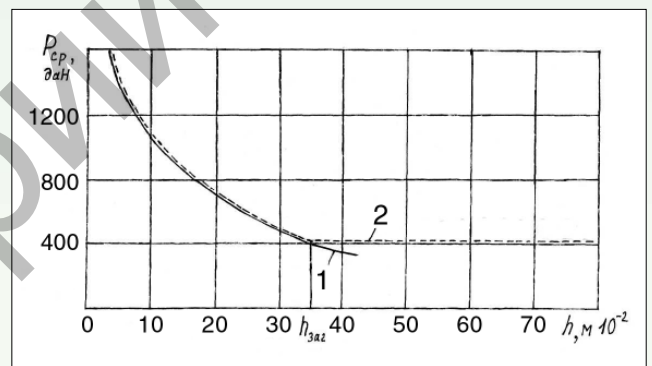


Рис. 2. Силовая характеристика предохраняющего механизма, отражающая зависимость усилия срабатывания от выглубления:

— для существующего устройства,
 --- для разработанного в БГАТУ

При дальнейшем выглублении рабочего органа, вплоть до $h_{\text{макс}}$, ролик перемещается на грядиль и перекатывается по участку грядиля, имеющего форму цилиндрической поверхности, образованной радиусом $R_{\text{оп}}$ из шарнира O_3 крепления пружины к раме. При этом положение ролика относительно шарниров O , O_1 и O_3 не меняется, а заглабляющий момент при его переходе на цилиндрическую поверхность может как увеличиться (при близком расположении ролика к линии шарниров O_1, O_3), так и уменьшиться, поскольку заглабляющее рабочее усилие будет направлено вдоль штанги пружины, создавая относительно шарнира O момент силы заглабления глубокорыхлителя.

На рисунке 2 показана силовая характеристика

механизма, предохраняющего глубокорыхлитель от поломок и отражающая зависимость усилия срабатывания от выглубления.

Видно, что оптимальным является вариант, когда заглабляющий момент при дальнейшем выглублении рабочего органа не изменяется (показано штриховой линией), что имеет место при определенной высоте установки шарнира O_3 относительно шарнира O .

В результате рабочий орган проходит без поломок как крупные, так и особо крупные препятствия, после чего возвращается в рабочее положение.

Выводы. В соответствии с основными конструктивными параметрами РЩП-3,5 при $H=1,2$ м; $h_{заг}=0,35$ м; $r=0,2$ м; $a=0,61$ м; $R_n=0,22$ м; $R_0=1,04$ м; $OO_1=1,08$ м; $b_{\alpha_0}=0,24$ м; $l_{\alpha_0}=0,62$ м; $\alpha_0=11$ согласно вышеприведенной аналитической зависимости (1) получено значение $R_{оп}=0,71$ м, что полностью соответствует геометрическим размерам глубокорыхлителя.

Предложенная принципиальная схема и обособленные конструктивные параметры механического предохранителя обеспечивают надежность работы глубокорыхлителя на почвах, засоренных камнями.

Литература

1. Казакевич П.П., Тоцицкий А.А. Проблемы и перспективы механизации процессов обработки почвы и посева в Беларуси // Механизация земледелия, животноводства и кормопроизводства: Межвед. темат. сб. Вып. 35. – Минск: БелНИИМСХ, 1996. – С. 18-33.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Волобуев В.А. Технологии и технические средства для восстановления неиспользуемых и деградированных сельхозугодий // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 4. – С. 17-24.
3. Романюк Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Минск, 2008. – 24 с.

4. Лобачевский Я.П. Прочностные и деформационные свойства связных задернелых почв // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 3. – С. 18-20.
5. Нисин Д.С. Повышение эффективности применения модульного чизельного плуга путем разработки к нему устройства для поверхностной обработки каменистых почв: Дисс. ... канд. техн. наук. – СПб: 2007. – 149 с.
6. Райкевич Н.Г., Астахов М.И. Методика расчета параметров механического предохранителя рабочего органа машин для глубокой обработки почвогрунтов // Механизация земледелия, животноводства и кормопроизводства: Межвед. темат. сб. Вып. 35. – Минск: БелНИИМСХ, 1996. – С. 67-75.
7. Пат. 12393 Респ. Беларусь. Глубокорыхлитель / И.Н.Шило; Опубликовано. 2009.

MECHANICAL SAFETY LOCK OF WORKING BODY OF THE MACHINE FOR SOIL CULTIVATING

I.N.Shilo, Dr.Sc.(Eng.), professor, N.N.Romanyuk, Cand.Sc.(Eng.), V.A.Ageychik, Cand.Sc.(Eng.), Belarusian State Agrarian Technical University

Chisel tillage is effectively by cultivating of overconsolidated soil. Subsurface tillage on depth to 45 cm and more loosens the soil, deepens an surface soil, increases filtrational ability of heavy soils, keeps moisture in the soil during the drought period, prevents waterlogging and erosion of the soil. If using the chisel equipment it is necessary to unsure durability of operation of units on stony soils. For these purposes the safety mechanism of working bodies is anticipated. Thanks to it constant level of depth of soil cultivating is maintained. When working bodies bypass an obstacle, the unit does not stop, keeping constancy of break out load. The purpose of researches is increase of durability of operation of the deep-ripper on stony soils. In the Belarusian State Agrarian Technical University the deep-ripper is invented, the hookup is offered and design parameters of its safety mechanism are proved. In internal specification of the deep-ripper the power characteristic of the protecting mechanism reflexing dependence of breakout load from raising is given. It is revealed that the variant is optimum when the penetration moment does not change at a further raising of working body. The working body passes without breakdowns both large stones, and especially large obstacles, and then comes back to a starting position. This mechanical safety lock substantially increases durability of operation of the deep-ripper on stony soils.

Keywords: soil cultivating, chisel, stony soil, deep-ripper, mechanical safety lock.