

2. Morozov V.V. Tekhnologiya i kompleks mashin dlya posloynoy razrabotki sapropelya na udobreniya (dlya usloviy Severo-Zapadnoy zony RF): dis. ... dokt. tekhn. nauk. – V. Luki, 1995. – 347 s.

3. Vimba B.Ya., Lapsa E.Ya., Krauler Ya.S. Khimicheskiy sostav sapropeley Latviyskoy SSR i ikh klassifikatsiya / Nauchn. tr. Latviyskoy SKhA. – Vyp. 24, ch. 2. – Elgava, 1970. – S. 157-168.

4. Patent № 2277836 RF Smesitel-izmelchitel dlya prigotovleniya kormov / V.G. Ignatenkov, V.V. Morozov, Yu.I. Voloshin, G.I. Ignatenkov. – opubl. v BI № 17, 2006.

5. Voloshin Yu.I., Ignatenkov V.G. Ignatenkov G.I. Matematicheskoe obosnovanie effektivnosti raboty lopatok shnekovogo smesitelya // Tekhnika v selskom khozyaystve. – 2008. – № 2.

6. Voloshin Yu.I., Ignatenkov V.G., Morozov V.V., Ignatenkov G.I. Raschet parametrov apparata dlya prigotovleniya sapropelevoy smesi // Tekhnika v selskom khozyaystve. – 2005. – № 5.

7. Voloshin Yu.I., Shapetko M.L. Lappo E.L., Vagin B.I., Grishin V.Kh. Issledovanie kvazitsitnarnogo techeniya moloka v shlangakh i trubakh doilnykh mashiny // Tekhnika v selskom khozyaystve. – 2007. – № 4.



УДК 631.33

Ю.Н. Сыромятников
Yu.N. Syromyatnikov

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ СЕКЦИИ
КОМБИНИРОВАННОЙ МАШИНЫ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА**

**INCREASING MOTION STABILITY OF A SECTION OF A COMBINED MACHINE
FOR SOIL PREPARATION AND SOWING**

Ключевые слова: комбинированная машина, перераспределение почвы, ротор, бороздообразователь, рама, опорно-прикатывающее колесо, посев, сепарирующая решетка, лемех, заделка семян.

Предметом исследования является процесс работы комбинированной машины для подготовки почвы и высева семян подсолнечника и кукурузы. Описан технологический процесс работы машины с установленными направляющими пассивными вращающимися плоскими дисками с ребордами (которые должным образом обеспечивают движение почвы по лемеху к рыхлительно-сепарирующему устройству), высевающим аппаратом, семяпроводом, бороздообразователем, ротором, сепарирующей решеткой, параллелограммным механизмом, пружиной, лемехом. Рассмотрены динамические предпосылки повышения равномерности глубины образования бороздки и заделки семян по глубине в почве. Определены значения длины звеньев параллелограммного механизма, начальный угол их установки и жесткость пружины, величины отклонений секции комбинированной машины от заданной глубины хода лемеха. Доказано, что с увеличением длины рычагов параллелограммного механизма максимальные отклонения секции возраста-

ют. Увеличение начального угла наклона рычагов параллелограммного механизма вызывает увеличение максимальных отклонений. При увеличении жесткости пружины максимальные отклонения снижаются. Актуальность исследования заключается в обеспечении стабильности копирования поверхности почвы рабочими органами комбинированной машины при неизменной по всей длине движения глубины заделки семян, что даст возможность увеличить скорость движения и ширину захвата агрегата. Целевая группа потребителей информации в статье – конструкторы, специалисты занимающиеся разработкой почвообрабатывающих машин.

Keywords: combined machine, soil redistribution, rotor, furrow-opener, frame, support and soil-packing wheel, separating screen, seed closing.

The research subject is the operation of a combined unit for soil preparation and sowing of sunflower and maize seeds. The technological process of the machine operation with the installed guiding passive rotating flat discs is described along with installed seeding device, furrow opener, rotor, separating screen, parallelogram mechanism, spring and coulter. Dynamic prerequisites for increasing the uni-

formity of the depth of furrow formation and seed closing according to the depth in the soil are discussed. The values of the lengths of the links of the parallelogram mechanism, the initial angle of their installation and the spring stiffness, the deviations of the section of the combined machine from the specified depth of motion of the coulter are determined. It is proved that as the length of the arms of the parallelogram mechanism increases, the maximum deviations of the section increase. An increase in the initial angle of inclination of the arms of the parallelogram mechanism causes an in-

crease in the maximum deviations. As the spring stiffness is increased, the maximum deviations decrease. The topicality of the study is to ensure the stability of copying the soil surface by the working organs of the combined machine, while the seeding depth is constant along the entire length of the motion which makes it possible to increase the motion speed and the coverage width of the unit. The target groups of the information consumers are designers engaged in the development of tillage implements.

Сыромятников Юрий Николаевич, аспирант, каф. оптимизации технологических систем им. Т.П. Евсюкова, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина. E-mail: gara176@meta.ua.

Syromyatnikov Yuriy Nikolayevich, post-graduate student, Kharkov National Technical University of Agriculture named after P.M. Vasilenko, Kharkov, Ukraine. E-mail: gara176@meta.ua.

Введение

Развитие посевной техники долгое время было направлено преимущественно на повышение производительности, то есть на увеличение рабочих скоростей, ширины захвата, мощности тракторов и в этом отношении наблюдается значительный прогресс.

Технология, основанная на применении комбинированных машин, положительно сказывается на снижении энергетических затрат за счет уменьшения числа и глубины обработки, совмещение механических операций в одном агрегате – обработка, сев [1, 2].

Поэтому такие комбинированные машины, которые за один проход обеспечивают подготовку семенного ложа и посев, принято называть сеялками прямого сева [3].

Сеялки прямого сева бывают трех типов:

- полосного рыхления почвы волнистым диском;
- подрезающего типа с распределением семян под стрельчатой лапой;
- комбинированные, объединяющие рабочие органы подрезающего типа и сошниковые системы.

Оценочным критерием в этом случае принят показатель равномерного распределения семян по глубине.

Применяются они для посева зерновых культур на обработанных и необработанных почвах при сохраненной стерне.

Сеялки прямого сева с подрезающими лапами, или сеялки с лаповыми сошниками применяются для высева семян зерновых культур по стерне или по недостаточно обработанной почве. Такой сошник выполняет одновременно несколько операций – рыхление почвы, удаление сорняков, высева семян.

Преимущества сеялок прямого сева состоят в том, что они обеспечивают рыхление почвы только в зоне заделки семян и создают необходимый контакт семян с почвой. Сеялки прямого сева в Западной Европе, которая имеет легкие почвы, обеспечивают подготовку почвы по «нулевой» технологии. В условиях США, Канады и Лесостепи Украины на почвах среднего и тяжелого механического состава, как показала практика, «нулевая» технология не обеспечивает создание необходимого контакта семян с твердой фазой почвы. Поэтому в наших условиях перспективу имеют сеялки прямого сева, обеспечивающие обработку почвы в семенном ложе.

Сеялки прямого сева с плоскорезными лапами обеспечивают реализацию наиболее перспективного способа сева – разбросного. При этом удаляются сорняки по всей ширине захвата сеялки, а наличие в них бункеров для семян способствует повышению их производительности.

К недостаткам таких машин относится то, что они могут обеспечить требуемую агротехнологию возделывания зерновых культур и равномерность заделки семян по глубине только на выровненных

полях, на которых в системе основной обработки посева не применяется вспашка. Кроме того, они не могут работать в условиях наличия большого количества пожнивных остатков и сорняков.

Цель работы – исследование рабочих органов комбинированной посевной машины, повышающих равномерность глубины заделки семян.

Материалы и методы

Известна разработанная В.Ф. Пащенко комбинированная машина для подготовки почвы и посева семян подсолнечника и кукурузы.

Общий вид комбинированной машины для предпосевной подготовки почвы и посева путем фракционного перераспределения почвы над предварительно уложенными в бороздку семенами показан на рисунке 1.

Состоит машина из рамы, шести рабочих секций, эжекторного устройства, опорных колес и маркеров. Рабочая секция включает в себя раму, параллелограммный механизм, лемех с бороздообразователем, направляющие диски с ребордой, сепарирующую решетку, ротор, высевашающий аппарат сеялки СУПН-8, ящик для семян и семяпровод.

Рабочий процесс машины протекает следующим образом. Почва, подрезанная лемехом, с помощью направляющих дисков подается к рыхлительно-сепарирующему устройству. Одновременно семена с высевашающего аппарата по семяпроводу подаются в клиновидную почвенную бороздку, образованную бороздоделывателем. Ротор заземляет между ножами и сепарирующей решеткой комки почвы, крошит и транспортирует их. Мелкие частицы почвы проходят через зазоры сепарирующей решетки и покрывают уложенные в бороздку семена. При ворошении почвы по сепарирующей решетке крупные частицы выталкиваются на поверхность, мелкие просыпаются вниз.

Важным фактором, обеспечивающим повышение урожайности сельскохозяйственных культур, служит равномерное распределение семян по глубине в почве.

Поэтому наряду с другими техническими и технологическими требованиями, предъявленными к почвообрабатывающим и посевным машинам, важным является требование, касающееся равномерности глубины обработки почвы и заделки семян.



Рис. 1. Комбинированная машина для предпосевной обработки почвы и посева

В данном случае такие требования касаются глубины образования бороздки, в которую должны быть положены семена растений.

Современная наука все шире рекомендует производству применение почвозащитной системы обработки почвы путём уменьшения глубины обработки, количества механических обработок или объединение ряда технологических операций. Такой технологией достигается сохранение структуры почвы, устраняется чрезмерное уплотнение почвы, повышается её стойкость против эрозионных процессов [4].

Существует много научных обоснований о возможности полного отказа от большого количества механических обработок почвы.

Идеи уменьшения количества выполняемых операций в земледелии давно выдвигаются учеными. Ещё Д.И. Менделеев писал, что «...относительно качества пахоты многие ошибаются, думая, что чем больше раз пахать, то тем лучше».

Приоритетное направление все больше набирает применение комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов [4]. Последние имеют высокую производительность, дешевые в использовании, не нарушают агротехнических требований и способствуют снижению сроков выполнения технологических операций.

Использование данных машин в производстве позволяет объединить от двух до шести операций и снизить на 20-40% расход топлива на предпосевную подготовку почвы [5].

Агрегаты, составленные на основе комбинации однооперационных орудий, хотя и имеют некоторые преимущества, не оправдывают себя из-за своей громоздкости, неустойчивости движения в прямолинейном направлении и несоответствия их ширины захвата. Посевные комбайны с установленными на одной раме рабочими органами сеялки и почвообрабатывающих орудий, выполненные в виде лап или дисков, менее громоздки.

Снижение металло- и энергоёмкости комбинированных машин с активными рабочими органами может быть получено при полосной обработке почвы. Такие машины создаются на основе пропашных фрез и сеялок.

Менее энергоёмкими и более надёжными в работе являются комбинированные почвообрабатывающие машины с активно-пассивными рабочими органами. К таким относится Машина почвообрабатывающая рыхлительно-сепарирующая «Докучаевская» ПРСМ-5 (стратификатор) [6].

Производственные испытания предлагаемых типов комбинированных машин показывают, что лучшие показатели в работе дает тип комбинированных машин, оборудованных специальными рабочими органами и сошниковой системой для последовательного выполнения технологического процесса подготовки почвы и посева.

Теоретическими исследованиями динамики функционирования сошниковой системы занимались П.М. Василенко, Г.М. Бузенков, Д.А. Пологих, А.М. Ширяев, В.М. Соколов и др.

Было установлено, что равномерность хода сошников определяется их способностью копировать рельеф почвы [7, 8]. Это является основным агротехническим требованием к посевной машине – обеспечение стабильности копирования поверхности почвы при неизменной по всей длине движения глубины заделки семян.

Результаты и обсуждение

Для решения этой задачи необходимо располагать уравнениями движения комбинированной машины в целом. Так как составить такие уравнения с учетом точных размеров конструктивных элементов и их расположения практически невозможно, то целесообразно ограничиться рассмотрением уравнений движения ее эквивалентной схемы (рис. 2), т.е. построить расчетную модель функционирования рассматриваемой машины, используя методику академика П.М. Василенко [9].

Секцию комбинированной машины можно рассматривать как систему, состоящую из следующих звеньев:

а) рама секции 1, на которой установлены направляющие диски 2, лемех 3, сепарирующая решетка 4, ротор 5 и опорно-прикатывающее колесо 6. Оси дисков, ротора, колеса и сепарирующей решетки с лемехом жестко соединены с рамой секции;

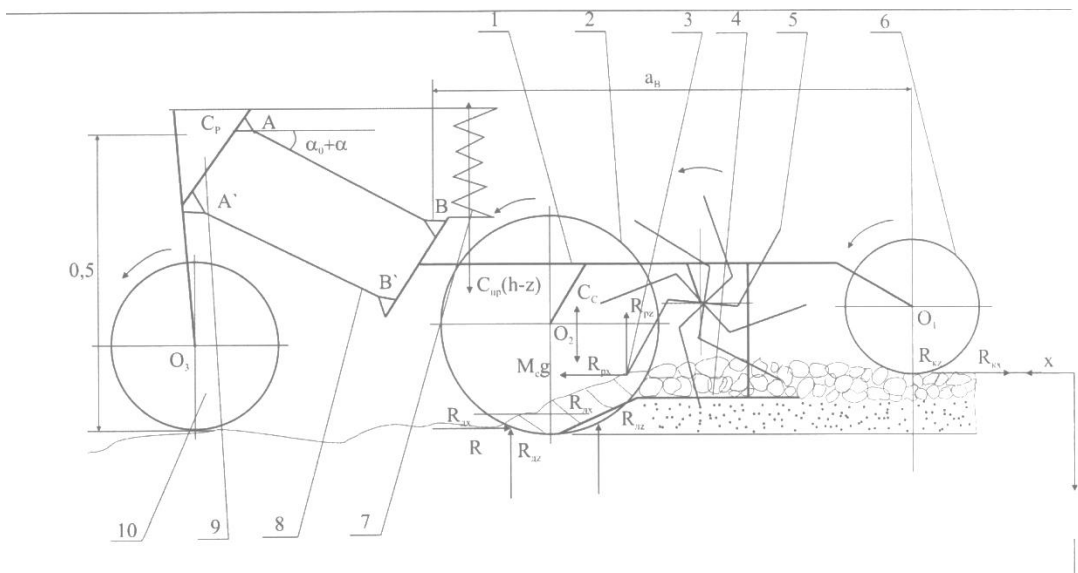


Рис. 2. Схема сечений комбинированной машины эквивалентная конструктивной

б) пружина 7, обеспечивающая подвижность рамы секции с прикрепленными к ней рабочими органами, позволяет опорно-прикатывающему колесу копировать рельеф поля и способствует устойчивому движению рабочих органов в почве на заданной глубине;

в) четырехзвенный параллелограммный механизм 8 обеспечивает плоскопараллельное перемещение рамы секции с рабочими органами;

г) рама машины 9 с копирующими колесами 10, оси колес жестко соединены с рамой.

Такое конструкционное сочетание рабочих органов с рамами секции и машины осуществлено с той целью, чтобы обеспечить как фракционное разделение почвы, так и равномерное распределение семян по глубине. При этом становится задача – обеспечить возможно более минимальное значение отклонения положения семян относительно колеи опорно-прикатывающего колеса.

Решение поставленной задачи осуществляется путем подбора жесткости пружины 7, размеров звеньев параллелограммного механизма 8 и начального угла их наклона к горизонтальной плоскости φ_0 .

Отнесем рассматриваемую систему к неподвижным декартовым координатам x и z . Направление вращения звеньев параллелограммного механизма по часовой стрелке принимаем положительным.

Для решения поставленной задачи в первом приближении можно допустить, что при плаваю-

щем положении золотника распределителя гидравлической системы трактора в установившемся режиме работы ($V_M = const$) рама комбинированной машины, копируя синусоидальную поверхность поля [10], перемещается по закону

$$x_P = V_M t; \quad z_P = \mu \cdot \sin \lambda \cdot x_P - a_5, \quad (1)$$

где x_P, z_P – координаты центра масс рамы машины и ее опорных колес, м;

t – время, с;

μ, λ – постоянные коэффициенты, зависящие от рельефа поля;

a_5 – расстояние от оси x до центра масс рамы машины и ее опорных колес, м.

Почву будем рассматривать как упругую среду, а обод опорно-прикатывающего колеса 6 будем считать недеформирующимся.

Будем также полагать, что силы, приложенные к дискам, лемеху и ротору, приведены к некоторым результирующим силам, имеющим постоянное значение, что же касается реакций, приложенных к опорно-прикатывающему колесу 6, то на основании имеющихся данных можно принять

$$R_{KX} = f \cdot C_{\Pi} \cdot \Delta_{\Pi}; \quad R_{KZ} = C_{\Pi} \cdot \Delta_{\Pi},$$

где R_{KX}, R_{KZ} – вертикальная и горизонтальная составляющие сил, приложенных к колесу, Н;

C_{Π} – жесткость почвы, Н/м;

f – коэффициент перекачивания;

Δ_{Π} – величина деформации почвы, м.

Определим величину деформации почвы через угол φ поворота звеньев параллелограммного механизма. Тогда получим

$$\Delta_{II} + z_C - z_P = l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + a_5, \quad (2)$$

где z_C – координата центра масс секции, м;

l – длина рычага АВ, м.

$$z_C = \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - V_M t_1);$$

$$t_1 = \frac{l \cos(\varphi_0 + \varphi) + a_6}{V_M},$$

где a_6 – расстояние от оси О колеса 6 до шарнира В звена параллелограммного механизма в горизонтальной плоскости, м.

$$\Delta_{II} = \frac{l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} + \left| \frac{l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} \right|.$$

Тогда

$$R_{KX} = f \cdot C_{II} \left\{ \frac{l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} + \left| \frac{l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} \right| \right\}; \quad (4)$$

$$R_{KZ} = C_{II} \left\{ \frac{l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} + \left| \frac{l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} \right| \right\}. \quad (5)$$

В качестве независимой (обобщенной) координаты рассматриваемой системы удобно принять угол φ поворота звена четырехзвенного параллелограммного механизма АВ относительно шарнира А. Тогда дифференциальное уравнение движения секции запишется как

$$\frac{d\partial T}{dt\partial\varphi} - \frac{\partial T}{\partial\varphi} = Q_\varphi, \quad (6)$$

где T – кинетическая энергия системы, Нм;

Q_φ – обобщенная сила, Нм.

Прежде чем записать выражение для кинетической энергии системы, заметим, что в решаемой задаче, если принять вращение дисков 2, ротора 5, колеса 6 равномерным и силы сопротивления их вращательному движению постоянными, то нет необходимости в составлении уравнений движения последних. С учетом этого выражение кинетической энергии системы запишется

$$T = \frac{1}{2} M_C (\dot{x}_C^2 + \dot{z}_C^2), \quad (7)$$

где M_C – масса секции, кг;

x_C, z_C – координаты центра масс секции, м.

Тогда

$$z_C = \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6).$$

После подстановки значений z_C и z_P в уравнение (2) получим

$$\Delta_{II} = l[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6). \quad (3)$$

Учитывая то, что деформация почвы имеет место только при смещении секции в положительном направлении z , получим

Выразив x_C и z_C из геометрических условий через значения x_P и z_P , продифференцировав их по времени и подставив в уравнение (7), получим

$$T = \frac{1}{2} M_C \left[\begin{aligned} &V_M^2 + 2V_M l \dot{\varphi} \sin(\varphi_0 + \varphi) + l^2 \dot{\varphi}^2 \sin^2(\varphi_0 + \varphi) + \\ &+ \mu^2 \lambda^2 V_M^2 \cos^2 \lambda V_M t + 2\mu \lambda V_M \cos \lambda V_M l \dot{\varphi} \cos(\varphi_0 + \varphi) + \\ &+ l^2 \dot{\varphi}^2 \cos^2(\varphi_0 + \varphi) \end{aligned} \right]. \quad (8)$$

Так как

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = M_C l \left[V_M \sin(\varphi_0 + \varphi) + l \dot{\varphi} + \mu \lambda V_M \cos \lambda V_M t \cos(\varphi_0 + \varphi) \right];$$

$$\frac{d \partial T}{d T \partial \dot{\varphi}} = M_C l \left[V_M \dot{\varphi} \cos(\varphi_0 + \varphi) + l \ddot{\varphi} - \mu \lambda^2 V_M^2 \sin \lambda V_M t \cos(\varphi_0 + \varphi) - \mu \lambda V_M \dot{\varphi} \cos \lambda V_M t \sin(\varphi_0 + \varphi) \right];$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = M_C l \left[V_M \dot{\varphi} \cos(\varphi_0 + \varphi) - \mu \lambda V_M \dot{\varphi} \cos \lambda V_M t \sin(\varphi_0 + \varphi) \right],$$

получим

$$\frac{d \partial T}{d T \partial \ddot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = M_C l \left[l \ddot{\varphi} - \mu \lambda^2 V_M^2 \sin \lambda V_M t \cos(\varphi_0 + \varphi) \right]. \quad (9)$$

Для определения обобщенных сил воспользуемся принципом возможных перемещений. Тогда, если привести все реактивные силы к шарниру В звена параллелограммного механизма 8, используя теорему о параллельном переносе сил, получим

$$\partial A_\varphi = \left[\begin{aligned} &R_X l \sin(\varphi_0 + \varphi) + R_Z l \cos(\varphi_0 + \varphi) + C_{ПП} (h - z_C) l \cos(\varphi_0 + \varphi) - \\ &- R_{KX} l \sin(\varphi_0 + \varphi) - R_{KZ} l \cos(\varphi_0 + \varphi) \end{aligned} \right] d\varphi,$$

где R_X , R_Z – горизонтальная и вертикальная составляющие равнодействующих сил, приложенных к диску, ротору, лемеху, сепарирующей решетке и веса секции, Н;

$C_{ПП}$ – жесткость пружины, Н/м;

h – предварительное натяжение пружины, м;

$$R_X = R_{PX} - R_{DX} - R_{LX} - R_{FX}; \quad R_Z = M_{CG} - R_{LZ} - R_{DZ} - R_{PZ},$$

где R_{LX} , R_{DX} , R_{PX} , R_{LZ} , R_{DZ} , R_{PZ} – горизонтальные и вертикальные составляющие равнодействующих реактивных сил, приложенных к лемеху, диску и ротору;

R_{FX} – сила сопротивления трению почвы о сепарирующую решетку, Н.

Так как

$$z_C = l \left[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0 \right],$$

то, учитывая уравнения (4), (5) и (9), получим

$$\begin{aligned} Q_\varphi = &R_X l \sin(\varphi_0 + \varphi) + R_Z l \cos(\varphi_0 + \varphi) + C_{ПП} l \cos(\varphi_0 + \varphi) \times \\ &\times \left\{ h - l \left[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0 \right] \right\} - C_{П} l \left[\cos(\varphi_0 + \varphi) + f \sin(\varphi_0 + \varphi) \right] \times \\ &\times \left\{ \frac{l \left[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0 \right] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} + \right. \\ &\left. \times \left[\frac{l \left[\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0 \right] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} \right] \right\}. \end{aligned} \quad (10)$$

Подставив выражения (8) и (10) в уравнение (6), получим расчетную модель функционирования секции комбинированной машины для заделки семян и фракционного распределения почвы по глубине посевного слоя:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi} = & M_C l [R_x l \sin(\varphi_0 + \varphi) + R_z \cos(\varphi_0 + \varphi)] + \frac{C_{\text{ПР}} \cos(\varphi_0 + \varphi)}{M_C l} \times \\ & \times \left\{ h - l [\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] \right\} - \frac{C_{\text{П}} [f \sin(\varphi_0 + \varphi) + \cos(\varphi_0 + \varphi)]}{M_C l} \times \\ & \times \left\{ \frac{l [\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} + \right. \\ & \left. + \frac{l [\sin(\varphi_0 + \varphi) - \sin \varphi_0] + \mu \cdot \sin \lambda \cdot V_M \cdot t - \mu \cdot \sin \lambda (V_M t - l \cos(\varphi_0 + \varphi) - a_6)}{2} \right\} + \\ & + \frac{\mu \lambda^2 V_M^2 \sin \lambda V_M t \cos(\varphi_0 + \varphi)}{l}. \end{aligned} \quad (11)$$

Дифференциальное уравнение решено методом Рунге-Кутты. Затем полученное значение угла φ подставлялось в уравнение (3) и находились значения отклонения секции комбинированной машины от заданной глубины обработки почвы и заделки семян.

Для расчета было принято: $R_x = -700$ Н, $R_z = -40$ Н, $h = 0,08$ м, $M_C = 88$ кг, $C_{\text{П}} = 80000$ Н/м, $f = 0,02$, $\mu = 0,04$, $\lambda = 0,5$, $V_M = 2,2$ м/с.

Значения длины l звеньев параллелограммного механизма, начальный угол φ_0 их установки и жесткость пружины $C_{\text{ПР}}$ менялись и определялись различные величины отклонений секции комбинированной машины от заданной глубины хода лемеха. Характер колебаний секции представлен на рисунке 3. Зависимости численных значений максимальных отклонений секции комбинированной машины приведен на рисунке 4.

Данные графика (рис. 4) свидетельствуют о том, что с увеличением длины рычагов параллелограммного механизма от 0,2 до 0,4 м максимальные отклонения секции возрастают в 3 раза, с увеличением длины от 0,2 до 0,6 м – в пять раз. Увеличение начального угла наклона рычагов параллелограммного механизма от 0 до 10^0 вызывает увеличение максимальных отклонений на 28,5%, а от 0 до 20^0 – на 185%. При увеличении жесткости пружины от 1000 до 3000 Н/м максимальные отклонения снижаются на 50%, а от 1000 до 8000 Н/м – на 100%.

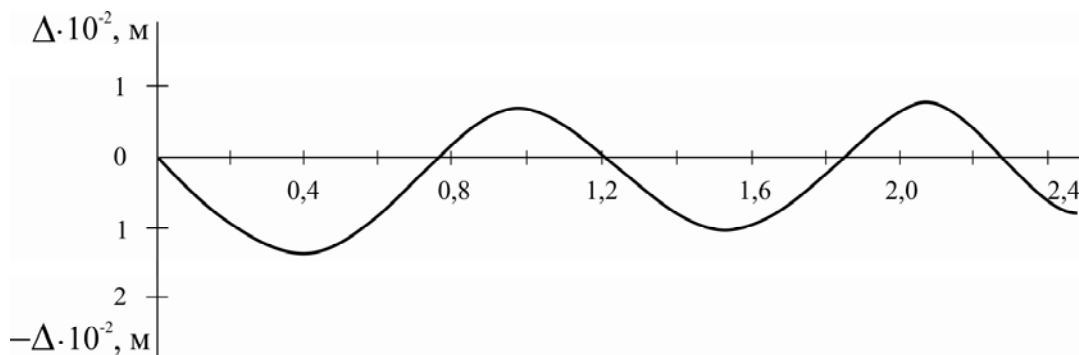


Рис. 3. Характер отклонения секции комбинированной машины от заданной глубины обработки почвы

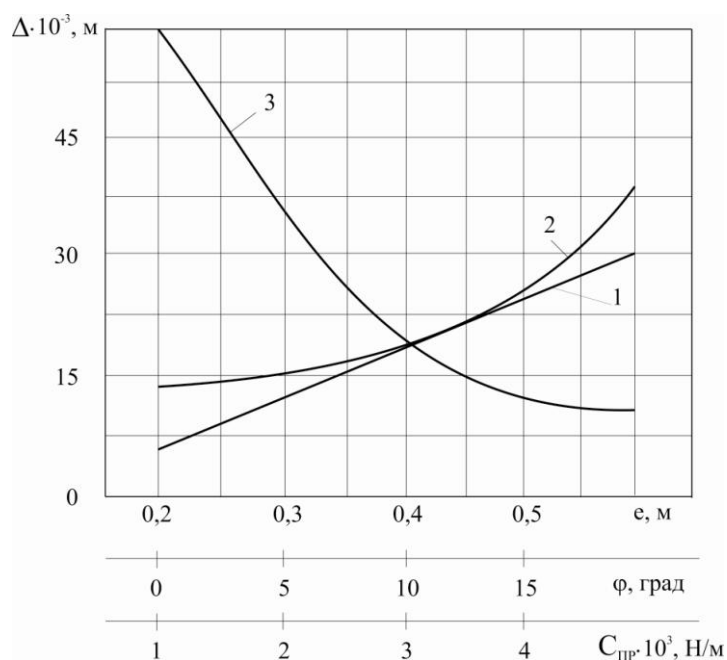


Рис. 4. Зависимость максимального отклонения секции комбинированной машины относительно заданной глубины обработки

Выводы

Для повышения устойчивости движения секции комбинированной машины длину звеньев параллелограммного механизма и угол их наклона к горизонтальной плоскости необходимо выбирать возможно более малыми, а жесткость пружины, близкой к 8000 Н/м.

Библиографический список

1. Мельник В.И. Эволюция систем земледелия – взгляд в будущее // Земледелие. – 2015. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-sistem-zemledeliya-vzglyad-v-budushee>.
2. Пащенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Физическая сущность процесса взаимодействия с почвой рабочего органа с гибким элементом // Сельское хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 33-42. – DOI: 10.7256/2453-8809.2017.3.24563. – URL: http://e-notabene.ru/sh/article_24563.html.
3. Пащенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н. Почвообрабатывающая приставка к зерновой сеялке в технологиях «No till» // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2018. – № 3 (27). – URL: <http://aeconomy.ru/science/agro/pochvoobrabatuvayushchaya-pristavka/>.
4. Сыромятников Ю.Н. Обоснование профиля лемеха с направляющими дисками почвообраба-

тывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 18-29. – DOI: 10.7256/2453-8809.2017.2.23150. – URL: http://e-notabene.ru/sh/article_23150.html.

5. Комбинированная машина для обработки почвы и внесения органических удобрений: а.с. № 1431700 / В.В. Медведев, В.В. Ким, В.Ф. Пащенко и др. – опубл. 1988, Бюл. № 39.

6. Пащенко В.Ф., Корниенко С.И., Храмов Н.С.. Машина для поверхностной обработки почвы // Механізація сільськогосподарського виробництва. – 2016. – № 173. – С. 75-82.

7. Ширяев А.М. Влияние микрорельефа поля на устойчивость хода дискового сошника в почве // Записки ЛСХИ. – Л., 1966. – Т. 109. – С. 106-114.

8. Соколов В.М. Элементы теории устойчивости движения сошников // Тракторы и сельхозмашины. – 1962. – № 3. – С. 31-34.

9. Василенко П.М. К методике построения расчетных моделей функционирования машинных агрегатов с голономными связями // Науч. тр. УСХА. – 1979. – Вып. 224. – С. 9-14.

10. Колычев Е. И., Перельцавайг И.М. О выборе расчетного случая воздействия при исследовании плавности хода тракторов и сельскохозяйственных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – № 3. – С. 9-11.

References

1. Melnik V.I. Evolyutsiya sistem zemledeliya – vzglyad v budushchee // Zemledelie. – 2015. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-sistem-zemledeliya-vzglyad-v-budushee>.
2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N., Khramov N.S. Fizicheskaya sushchnost protsessa vzaimodeystviya s pochvoy rabocheho organa s gibkim elementom // Selskoe khozyaystvo. – 2017. – № 3. – S. 33-42. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.3.24563. URL: http://e-notabene.ru/sh/article_24563.html.
3. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N. Pochvoobrabatyvayushchaya pristavka k zernovoy seyalkе v tekhnologiyakh «No till» // Aekonomika: ekonomika i selskoe khozyaystvo. – 2018. – № 3 (27). URL: <http://aeconomy.ru/science/agro/pochvoobrabatyvayushchaya-pristavka/>.
4. Syromyatnikov Yu.N. Obosnovanie profilya lemekha s napravlyayushchimi diskami pochvoobrabatyvayushchey rykhlytelno-separiruyushchey mashiny // Selskoe khozyaystvo. – 2017. – № 2. – S. 18-29. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.2.23150. URL: http://e-notabene.ru/sh/article_23150.html.
5. Medvedev V.V., Kim V.V., Pashchenko V.F. i dr. Kombinirovannaya mashina dlya obrabotki pochvy i vneseniya organicheskikh udobreniy // A.s. № 1431700. Opubl. 1988. Byulleten № 39.
6. Pashchenko V.F., Kornienko S.I., Khramov N.S. Mashina dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy // Mekhanizatsiya silskogospodarskogo virobnitstva. – 2016. – № 173. – S. 75-82.
7. Shiryaev A.M. Vliyanie mikrorelefa polya na ustoychivost khoda diskovogo soshnika v pochve // Zapiski LSKhI. – 1966. – T. 109. – S. 106-114.
8. Sokolov V.M. Elementy teorii ustoychivosti dvizheniya soshnikov // Traktory i selkhoz mashiny. – 1962. – № 3. – S. 31-34.
9. Vasilenko P.M. K metodike postroeniya raschetnykh modeley funktsionirovaniya mashinnykh agregatov s golonomnymi svyazymi / Nauch. tr. USKhA. – 1979. – Vyp. 224. – S. 9-14.
10. Kolychev E.I., Pereltsvayg I.M. O vybore raschetnogo sluchaya vozdeystviya pri issledovanii plavnosti khoda traktorov i selskokhozyaystvennykh mashin // Traktory i selskokhozyaystvennyye mashiny. – 1996. – № 3. – S. 9-11.



УДК 338.465

А.В. Тиньяев, А.А. Шевченко
A.V. Tingayev, A.A. Shevchenko

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ

OPTIMIZATION OF POWER TRANSMISSION LINE LENGTH WHEN CONNECTING AGRICULTURAL ELECTRICAL USERS BY USING WEB TECHNOLOGIES

Ключевые слова: Web-технология, электрические сети, оптимизация, геоинформационная система, навигационная система.

Постоянный рост производственных мощностей и числа абонентов приводит к увеличению объемов передаваемой мощности, что, в свою очередь, ведет к потребности в увеличении протяженности электрических сетей всех классов напряжения и постройке новых или реконструкции уже имеющихся подстанций. При проектировании новых

сетей применяются законодательные материалы, стандарты организаций, электронные карты различных видов (топографическая, кадастровая), а также выезд на место проектировщиком. При выборе наиболее оптимального варианта исполнения сети рассматриваются такие критерии, как бесперебойность, качество электрической энергии, стоимость постройки. Снижение потерь электроэнергии в линиях электропередач за счет оптимизации протяженности позволит обеспечить надежное и экономичное электроснабжение сельскохозяйственных потребителей.