

10. Романюк, Н. Н. Определение деформации почвы от вибрационных нагрузок сельскохозяйственных движителей / Н. Н. Романюк // Моделирование и прогнозирование аграрных энергосберегающих процессов и технологий : материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 22–24 апреля 1998 г. : в 2 ч. Ч. 2. – Минск : БАТУ, 1998. – С. 34–37.

11. Обоснование закономерностей деформирования почв различных агрофонов под воздействием колес / И.Н. Шилов [и др.] // Агропанорама. – 2018. – № 2. – С. 2–6.

12. Влияние количества осей ходовой системы мобильной сельскохозяйственной техники на глубину следа = Influence of the number of undercarriage axles of mobile agricultural machinery on the depth of track / И. Н. Шилов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 4. – С. 37–41.

Summary. In the general case of deformation, when the soil density in different horizons is poorly distinguishable, the relationship between compression stresses and stamp settlement has an S-shaped character. The graph of this relationship, which has concave and convex sections, is asymmetrical relative to the inflection. To determine the depth of the trace under the action of wheels, the proposed dependencies should be used, describing the analytical concave and convex sections of the deformation curve. From the graphs constructed using the obtained dependencies, it is evident that with an increase in soil looseness, concavity in the initial stage and convexity in the final stage of deformation increase.

УДК 631.31

Ружьев В.А., кандидат технических наук, доцент;

Губарев В.Д., исследователь, преподаватель-исследователь;

Титов К.С., молодой ученый

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
г. Пушкин, Российская Федерация*

ПЕРСПЕКТИВНОЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА-ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ

Аннотация. Обработка почвы является наиболее энергоемким технологическим процессом в технологии производства сельскохозяйственных культур. Высокие энергозатраты при обработке почвы обусловлены применением традиционных подходов к проектированию геометрии рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов. Основная задача перспективного конструктивно-технологического решения – снижение затрат энергии на выполнение процессов формирования требуемой структуры корнеобитаемого слоя и минимизацию износа контактных поверхностей.

Abstract. Soil cultivation is the most energy-intensive technological process in the technology of agricultural crop production. High energy costs during soil cultivation are due to the use of traditional approaches to designing the geometry of the working bodies of soil-cultivating units. The main task of a promising design and technological solution is to reduce energy costs for performing the processes of forming the required structure of the root-inhabited layer and minimizing wear of contact surfaces.

Ключевые слова. Почвообрабатывающие рабочие органы, культиватор-глубокорыхлиель, управление внутрипочвенными реологическими процессами

Key word. Tillage working bodies, deep-soil cultivator, control of subsoil rheological processes

Для выбора и обоснования формы рабочей поверхности почвообрабатывающих рабочих органов орудий для основной (глубокой) обработки почвы научным коллективом были проведены теоретические и экспериментальные изыскания [1, 2, 3].

В кинематическом представлении деформации при изгибе, сжатие характеризуется сближением частиц почвенного пласта, а растяжение – их удалением. Границей между этими типами деформаций является зона относительно неподвижных частиц, соответствующая нормальной оси $O\epsilon$, которая представляет нормальные деформации пласта. При этом линии 1-1 будут стремиться занять положение точек линии 2-2, а точка O_K пересечения линий 1-1 и 2-2 будет находится на оси $O\epsilon$. Нейтральные оси упругих напряжений $O\sigma$ и деформаций $O\epsilon$ совпадают с осью Oj сопротивления сечения пласта (рисунок 1.1, а).

При меньшей величине радиуса $R_{\text{ПР}}$ кривизны рабочей поверхности кинематический центр O_K деформаций будет совпадать с центром Π радиуса $R_{\text{ПР}}$, что вызовет понижение уровня оси $O\epsilon$ ниже оси сопротивления сечения Oj (рисунок 1.1, б). Пласт будет повергнут избыточной деформации сжатия, что приведет к повышению энергозатрат.

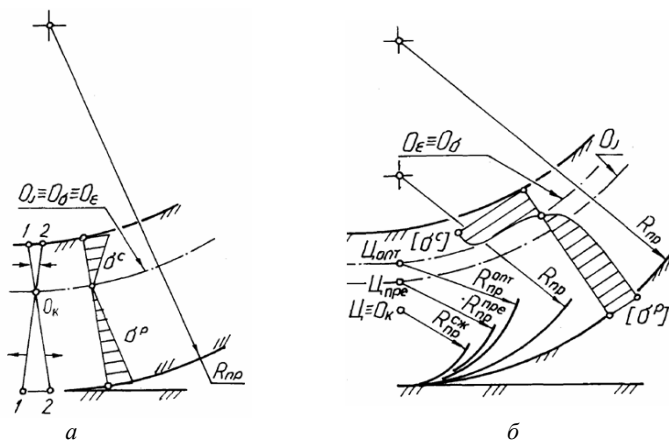


Рисунок 1 – Схема, демонстрирующая зависимость распределения нормальных напряжений в почвенном пласте от радиуса $R_{\text{ПР}}$ продольного сечения рабочей поверхности [4, 5, 6] (пояснения в тексте)

Следовательно, для менее энергоемкого и более качественного рыхления пласта центр $\mathcal{C}_{\text{опт}}$ радиуса $R_{\text{пр}}^{\text{опт}}$ кривизны рабочей поверхности должен находится на уровне верхней трети высоты пласта H .

Также для снижения энергозатрат выполнения технологической операции возможно, путем уменьшения угла установки рабочей поверхности каждого элемента в глубине почвенного слоя [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Однако для обеспечения заданного подъема пласта на высоту h при уменьшении угла β длина плоского клина S увеличивается в соответствии с определённой зависимостью:

$$S / h = 1 / \sin \beta. \quad (1)$$

Увеличение соотношения относительной длины S / h приводит к повышению энергетических затрат на преодоление силы трения и ухудшению качества крошения.

Это противоречие можно устранить, разделив клин на несколько последовательных клиньев с малым приращением угла крошения $\Delta\beta$, которое соответствует приращению деформации $\Delta\gamma$ (см. рисунок 2). При достаточно малом приращении β поверхность клина из многогранной переходит в криволинейную, что соответствует непрерывности деформации $E = f(\Delta\gamma)$ с минимальной скоростью деформации $\dot{E}$.

Из-за сложности аналитического моделирования процессов, происходящих в пласте почвы на рабочей поверхности рабочего органа культиватора-глубокорыхлителя, необходимо подобрать оптимальный криволинейный профиль формы, задаваемый отношением h / L (рис. 3), определение соотношения конструктивных размеров рабочих органов выполним с использованием современной CAD-системы, предназначенной для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации, базирующимися на технологиях путем 3D-объемного параметрического моделирования (рисунок 4).

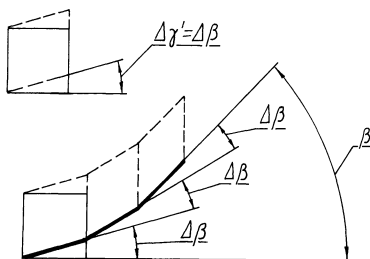


Рисунок 2 – Схема деформации пласта вогнутым клином

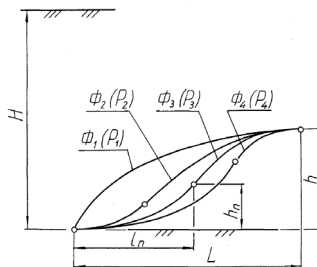


Рисунок 3 – К определению продольного профиля рабочей поверхности рабочего органа

6. Ружьев, В. А. Режимы работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата с оптимизированными конструкционными параметрами рабочих органов / В. А. Ружьев [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 3 (31). – С. 4–10.
7. Калинин, А. Б. Снижение экологических рисков применения мобильных энергонасыщенных агрегатов при возделывании семенного картофеля с учетом закономерности тепло и влагопереноса внутри корнеобитаемого слоя почвы / А. Б. Калинин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 5. – С. 132–139.
8. Ловкис, В. Б. К вопросу энергетической оценки эффективности технологий производства продукции растениеводства / В. Б. Ловкис, В. А. Колос, В. А. Ружьев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник. Том 55. – Минск : Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Белорусская наука», 2022. – С. 292–296.
9. Губарев В. Д. Анализ технологического функционирования рабочих органов комбинированного почвообрабатывающего агрегата при внесении конструктивных изменений / Губарев В.Д. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2021. – № 56. – С. 12–15.
10. Патент на полезную модель 205818 U1 Российская Федерация, A01B 49/00 (2006.01), A01B 49/00 (2021.05), A01B 49/02 (2021.05). Секция рабочих органов пропашного культиватора с корректором глубины хода глубокорыхлительной лапы / Калинин А.Б. (RU), Теплинский И.З. (RU), Ружьев В.А. (RU), Теплинская О.Н. (RU), Герасимова В.Е. (RU) ; патентообладатель ФГБОУ ВО СПбГАУ (RU). – № 2021104832 ; заявл. 25.02.2021 ; опубл. 11.08.2021, Бюл. № 23.
11. Калинин, А. Б. Обоснование технологического процесса пропашного культиватора с рабочими органами комбинированного типа / А. Б. [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (74). – С. 96–98.
12. Хуснияров, И.И. Управление качеством работы культиватора-глубококорыхлителя при дифференциальной по глубине обработке почвы / И.И. Хуснияров, В.А. Ружьев, А.Б. Калинин // Роль молодых ученых и исследователей в решении актуальных задач АПК : мат. Межд. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся (СПб.–Пушкин, 26–28.03.2020 г.). – Ч. 1. – СПб.–Пушкин : СПбГАУ, 2020. – С. 354–356.
13. Spray Angle and Uniformity of the Flat Fan Nozzle of Deep Loosener Fertilizer for Intra-Soil Application of Fertilizers = Угол распыления и равномерность плоскоструйной форсунки глубококорыхлителя при внутрипочвенном внесении удобрений / S. Nukeshev [и др.] // AgriEngineering. – 2024. – N 6. – P. 1365–1394. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020079>.

Summary. The structure of the soil formed by the deep-ripping paw with an improved working surface ensures stable thermal and water conditions of the soil in the zone where the main mass of the root system of cultivated crops is located.