

2. Nukeshev, S., Eskhozhin, D., Lichman, G., Karaivanov, D., Zolotukhin, E., Syzdykov, D., 2016a. Theoretical Substantiation of The Design of a Seeding Device for Differentiated Intra Soil Application of Mineral Fertilizers. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Volume 64(1), pp. 115–122. 10.11118/actaun201664010115.

3. Nukeshev, S., Eskhozhin, K., Eskhozhin, D., Syzdykov, D., 2017a. Justification of Design and Parameters of Seeding Unit for Fertilizers. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, Volume 39(4), pp. 1139–1149. <https://doi.org/10.1007/s40430-016-0588-5>.

4. Nukeshev, S., Slavov, B., Karaivanov, D., Balabekova, A., Zhaksylykova, Z., 2019. Forced Vibrations of the Hopper of Fertilizer Applying Machine. *Mechanics*, Volume 24(6), pp. 798–804. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.24.6.22464>.

5. Nukeshev, S., Tanbayev, K., Ramaniuk, M., Kakabayev, N., Sugirbay, A., Moldazhanov, A., 2024. Spray Angle and Uniformity of the Flat Fan Nozzle of Deep Loosener Fertilizer for Intra-Soil Application of Fertilizers. *AgriEngineering*, Volume 6(2), 1365–1394. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020079>

6. Nukeshev, S., Yeskhodzhi, K., Tokushev, M., Zhazykbayeva, Z., 2016b. Substantiation of the Parameters of the Central Distributor for Mineral Fertilizers. *International Journal of Environmental and Science Education*, Volume 11, pp. 7932–7945. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1117306.pdf>.

7. Nukeshev S., Sugirbay A., Dulatbay Y., Tanbaev K., Yeskhodzhi K., Chen J., Nazarbayev Y., Sugirbaeva Z. Offset Straight-Tooth Roller Development Using the Discrete Element Method for Applying Granular Mineral Fertilizer / *International Journal of Technology*. Volume 15(6), 2024. – pp. 2060–2073. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v15i6.7311>.

УДК 631.31

В.А. Ружьев, канд. техн. наук, доцент,

А.Б. Калинин, д-р техн. наук,

И.З. Теплинский, канд. техн. наук, профессор

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин
ruzhev_va@mail.ru*

ЛАПА ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА С РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ФОРМЫ

Ключевые слова: реологические свойства почвы, условия функционирования, почвообрабатывающие рабочие органы, оценка статистических характеристик.

Keywords: rheological properties of soil, operating conditions, tillage working bodies, evaluation of statistical characteristics.

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. Отсутствие формализованных зависимостей между геометрическими параметрами рабочих поверхностей (углы атаки, кривизна, площадь контакта) и операционными показателями (тяговое сопротивление, глубина обработки, качество обработки) приводит к необходимости использования в расчетах упрощенных моделей. В таких моделях преимущественно учитываются макрохарактеристики обрабатываемого слоя (плотность, влажность, гранулометрический состав) и механические свойства материалов рабочих органов. Однако при этом игнорируются реологические аспекты почвенной среды, включая вязкопластические деформации, ползучесть и др., которые определяют энергетические затраты на преодоление сил сцепления частиц, формирование трещин на заданной глубине обработки и диспергацию структурных агрегатов. Дополнительные потери энергии связаны с трибологическими процессами на контактных поверхностях, вызывающими абразивный износ рабочих органов технических систем и увеличение коэффициента трения почва-металл. Основная задача – снижение затрат энергии на выполнение процессов формирования требуемой структуры корнеобитаемого слоя и минимизацию износа контактных поверхностей.

Summary. Tillage is the most energy-intensive technological process in the technology of agricultural crop production. High energy costs during tillage are due to the use of traditional approaches to designing the geometry of the working bodies of soil-cultivating units. The absence of formalized dependencies between the geometric parameters of the working surfaces (angles of attack, curvature, contact area) and operational indicators (traction resistance, processing depth, processing quality) leads to the need to use simplified models in calculations. Such models mainly take into account the macrocharacteristics of the processed layer (density, humidity, granulometric composition) and the mechanical properties of the materials of the working bodies. However, this ignores the rheological aspects of the soil environment, including viscoplastic deformations, creep, etc., which determine the energy costs of overcoming the cohesive forces of particles, the formation of cracks at a given processing depth and the dispersion of structural aggregates. Additional energy losses are associated with tribological processes on contact surfaces, causing abrasive wear of the working bodies of technical systems and an increase in the soil-metal friction coefficient. The main objective is to reduce energy costs for the processes of forming the required structure of the root layer and to minimize wear of contact surfaces.

Для выбора и обоснования формы рабочей поверхности почвообрабатывающих рабочих органов орудий для основной обработки почвы научным коллективом были проведены теоретические и экспериментальные изыскания.

Реологическая модель почвы, математический аппарат, которые стали основой многолетних теоретических исследований [1, 2, 3] позволили смоделировать алгоритм формирования геометрических параметров рабочих поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих технических систем [4], а также оптимизировать агротехнологические режимы их применения на практике.

Закономерности, обусловленные теорией прочности Мора, предопределили процесс моделирования деформации почвенного пласта с учетом анизотропических свойств материи при чередующихся режимах ее растяжения и сжатия в продольной и поперечной плоскостях криволинейных поверхностей усовершенствованных рабочих органов комбинированных почвообрабатывающих агрегатов.

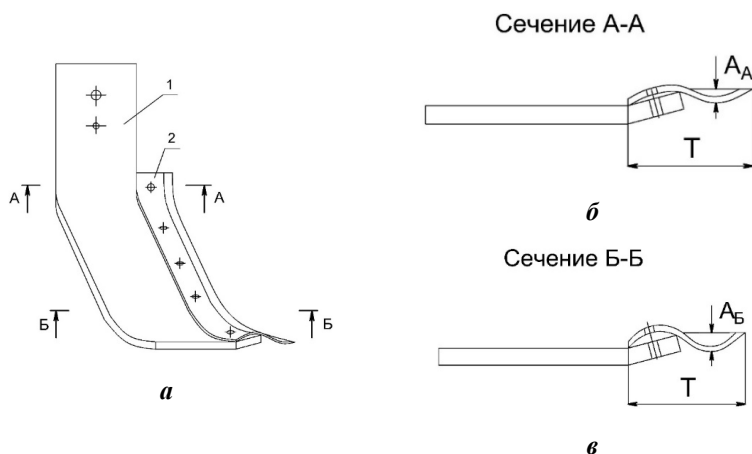


Рисунок – Лапа глубокорыхлителя комбинированного почвообрабатывающего агрегата с рабочей поверхностью усовершенствованной формы [2]:
a – вид сбоку; *б* – сечение А-А; *в* – сечение Б-Б

Экспериментальные исследования в полевых условиях позволили осуществить сравнительные технические результаты повышения эффективности технологической операции глубокого рыхления, выполненной как рабочим органом, имеющим стандартную конфигурацию почворежущей поверхности, так и усовершенствованным рабочим органом – лапой глубокорыхлителя (рисунок). Произведена оценка энергетических затрат технологической операции. С помощью

современного математического аппарата полученный цифровой массив подвергся статобработке с помощью матметодов, учитывающих вероятностное распределение данных и стохастическую природу экспериментальных измерений, что обеспечивало объективную оценку качества процессов и энергетической эффективности применения почвообрабатывающей технической системы.

Предложенный метод оптимизации геометрии рабочих поверхностей почвообрабатывающих органов, основанный на применении реологической модели, обеспечивает повышение эффективности разрушения почвенного слоя за счёт кратного усиления процессов крошения и рыхления на заданной глубине [5]. Применение рыхлительных лап с усовершенствованной формой рабочей поверхности (см. рисунок) приводит к снижению среднего значения твердости почвы в обработанных слоях по сравнению с результатами обработки стандартными лапами, что свидетельствует о более эффективном воздействии на структуру почвенного пласта и улучшении технологических параметров его обработки [6, 7] (см. таблицу).

Таблица – Оценки статистических характеристик процесса изменения твердости почвы $R(l)_i$ в слоях почвенного горизонта

h_i , см	Статистические характеристики процесса $R(l)_i$					
	Лапа со стандартной формой рабочей поверхности			Лапа с усовершенствованной формой рабочей поверхности		
	m_R , МПа	σ_R , МПа	V_R , %	m_R , МПа	σ_R , МПа	V_R , %
5	0,6	0,17	28	0,4	0,11	28
10	0,8	0,24	30	0,6	0,19	31
15	0,7	0,18	25	0,7	0,16	24
20	0,7	0,19	27	0,7	0,18	26
25	0,7	0,16	23	0,7	0,22	29
30	0,7	0,22	31	0,8	0,20	25
35	2,6	0,73	28	2,4	0,65	27
40	3,7	0,89	24	4,0	0,79	20

В результате статистической обработки и сравнительного анализа данных представленной таблицы научным коллективом установлена зависимость показателя твердости почвенного пласта в обработанных слоях на заданных глубинах, которая ниже после применения лапы глубокорыхлителя комбинированного почвообрабатывающего агрегата с усовершенствованной формой рабочей поверхности по сравнению с результатами использования лап завода-изготовителя – со стандартной формой рабочей поверхности.

Согласно приведенных в таблице данных видно, что в почвенном горизонте 5 см снижение составило 30%, а на глубине 35 см – 8%. Это

означает, что почва имеет более рыхлую структуру за счет повышения интенсивности крошения обрабатываемого пласта. Оценка качества крошения почвы была проведена методом ситового анализа, с помощью которого определялось процентное содержание в обрабатываемом слое почвенных элементов размером менее 25 мм на длине гона равного 100 м.

Сформированная лапой глубокорыхлителя с рабочей поверхностью усовершенствованной формы структура почвы обеспечивает стабильный тепловой и водный режимы почвы в зоне залегания основной массы корневой системы возделываемых культур.

Список использованной литературы

1. Ружьев, В.А. Методы и средства управления внутрипочвенными реологическими процессами в ресурсосберегающих технологиях возделывания овощей и картофеля: монография / В.А. Ружьев, А.Б. Калинин, И.З. Теплинский. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2024. – 161 с.

2. Совершенствование рабочих органов машин и орудий для обработки почвы на основе реологической модели почвенного состояния / В.А. Ружьев, А.Б. Калинин, И.З. Теплинский [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 11. – С. 163–174. – DOI 10.28983/asj.y2024i11pp 163–174.

3. К обоснованию технологического процесса функционирования комбинированного агрегата для основной обработки почвы за счет управления внутрипочвенными реологическими процессами / В.А. Ружьев, А.Б. Калинин, И.З. Теплинский [и др.] // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию юбилею начала освоения целинных и залежных земель в Оренбургской области, Оренбург, 02 февраля 2024 года. – Москва: ООО "Издательство "Перо", 2024. – С. 10–13.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025613752 Российская Федерация. Методы и средства повышения эффективности технологических процессов функционирования почвообрабатывающих рабочих органов машин и орудий: заявл. 14.02.2025: опубл. 14.02.2025 / В.А. Ружьев, А.Б. Калинин, И.З. Теплинский [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

5. 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.З. Теплинский, В.А. Ружьев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 5. – С. 132–139. – DOI 10.28983/asj.y2023i5 pp 132–139.

6. Анализ технологического функционирования рабочих органов комбинированного почвообрабатывающего агрегата при внесении конструктивных изменений / В.Д. Губарев, В.А. Ружьев, А.Б. Калинин [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2021. – № 56. – С. 12–15.

7. Хусниязов, И.И. Управление качеством работы культиватора-глубокорыхлителя при дифференциальной по глубине обработке почвы / И.И. Хусниязов, В.А. Ружьев, А.Б. Калинин // Роль молодых ученых и исследователей в решении актуальных задач АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся, Санкт-Петербург-Пушкин, 26–28 марта 2020 г. Том Часть I. – Санкт-Петербург-Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2020. – С. 354–356.

УДК 633.11: 551.583

К.Р. Исмагилов, канд. экон. наук,

Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,

E-mail: ismagilovkr@gmail.com

А.С. Шаяхметов, канд. с.-х. наук,

Р.К. Кадиков, канд. с.-х. наук

Опытное хозяйство «Уфимская», г. Уфа

УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ В ЗАУРАЛЬСКОЙ СТЕПИ БАШКОРТОСТАНА

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, урожайность, экологическая стабильность, зауральская степь.

Keywords: soft spring wheat, yield, ecological stability, Trans-Ural steppe.

Аннотация: В статье приведены результаты экологической оценки стабильности 21 сорта пшеницы мягкой яровой в условиях степной зоны Башкортостана. Показано, что урожайность пшеницы яровой в засушливых условиях зауральской степи невысокая и подвержена значительной изменчивости по годам. Сравнительно высокой экологической стабильностью обладают сорта Оренбургская 22, Саратовская 73, Варяг, Оренбургская 23, Тулайковская золотистая и ЮВ-2.

Summary: The article presents the results of environmental assessment of the stability of 21 varieties of spring soft wheat in the steppe zone of Bashkortostan. It is shown that the yield of spring wheat in the arid conditions of the Trans-Ural steppe is low and subject to significant variability from year to year. The following varieties have relatively high ecological stability: Orenburgskaya 22, Saratovskaya 73, Varyag, Orenburgskaya 23, Tulaikovskaya Golden and UV-2.

Введение. Пшеница является одной из важнейших зерновых культур, в республике Башкортостан. Наряду с высокой продуктивностью, сорта сельскохозяйственных культур должны быть устойчивыми по урожайности. Это свойство, известное как стабильность, является важным критерием при выборе сортов для выращивания. Стабильность сорта сельскохозяйственной куль-