

П. П. Бегун, В. В. Микульский

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: mehposev@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТКОВЫХ И РЫХЛИТЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований катковых и рыхлительных рабочих органов для предпосевной обработки почвы под посев мелкосемянных культур.

Ключевые слова: предпосевная обработка почвы, мелкосемянные культуры, рабочие органы, волнистый диск, каток.

P. P. Behun, V. V. Mikulski

SUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: mehposev@mail.ru

EXPERIMENTAL RESEARCH OF ROLLER AND RIPPER WORKING ENGINES FOR PRE-SEEDING SOIL PREPARATION

Abstract. The article presents the results of experimental studies of roller and loosening working bodies for pre-sowing tillage of soil for sowing small-seeded crops.

Keywords: pre-sowing tillage, small-seeded crops, working bodies, wavy disk, roller.

Введение

В результате проведенных теоретических исследований обоснованы конструктивно-технологические параметры предлагаемых рабочих органов для предпосевной подготовки почвы под посев мелкосемянных культур в виде волнистого диска с радиальными волнами и кольчато-пластинчатых катков. При этом отсутствуют научные основы для выбора наилучшего их типа, оптимальных конструктивных и кинематических параметров работы.

В связи с этим проведение экспериментальных исследований с целью уточнения их рациональных конструктивно-кинематических параметров, обеспечивающих качественную подготовку поля под посев мелкосемянных культур, является актуальной научно-технической задачей.

Основная часть

Для проведения экспериментальных исследований была изготовлена экспериментальная установка с набором катковых и рыхлительных рабочих органов [1]. Она представляет собой две сварные полурамы, закрепленные между собой скобами и опирающиеся на опорные, регулируемые колеса, благодаря чему имеет возможность изменять глубину обработки почвы волнистыми дисками и плотность посевного ложа прикатывающими катками. На одной полураме в два ряда устанавливается блок дисковых рабочих органов, с возможностью изменения следующих параметров: межрядового расстояния между рядами с дисковыми рабочими органами; расстояния между дисковыми рабочими органами в ряду. На другой – блок катковых рабочих органов с аналогичным изменением параметров их расстановки (рисунок 1).

Катки изготовлены различного диаметра (550, 500, 450 мм) и с различным количеством уплотняющих пластин на них (17, 16, 15 штук) соответственно. Рыхлительные рабочие органы,



Рисунок 1 – Экспериментальная установка с набором катковых и рыхлительных рабочих органов

представляющие собой волнистые диски с радиально расположенными волнами, были приобретены для исследований различного диаметра, они имеют различное количество волн и различную ширину волны.

Результаты исследований

Влияние наклона пластин на плотность почвы. Результаты экспериментальных исследований по влиянию наклона уплотняющих пластин на плотность посевного ложа при различных диаметрах катка представлены на графике (рисунок 2). Скорость движения агрегата была принята 10 км/ч.

Из графика видно, что с увеличением угла наклона пластин β на катке плотность почвы D_v в посевном слое на глубине 2–3 см начинает постепенно снижаться. Причем данное снижение характерно и пропорционально всем трем диаметрам исследуемых катков. Данный факт объясняется тем, что наклон пластин ведет к изменению пятна контакта пластины с обрабатываемой поверхностью и изменению зон уплотнения почвы, постепенно смещающихся в более глубокие слои свыше 3 см, что для мелкосемянных культур недопустимо.

Также из графика видно, что диаметр катка оказывает некоторое влияние на плотность сложения почвы. Чем больше диаметр, тем выше плотность почвы, вследствие увеличения массы катка. Поэтому для дальнейших исследований в целях сокращения количества опытов будем использовать средний диаметр катка, равный 500 мм.

Следует отметить, что при постоянной скорости движения агрегата при вращении катков малого диаметра их угловая скорость увеличивается, так как возрастают силы инерции почвы, вследствие чего почва увлекается пластинами катка и, осыпаясь, создает на поверхности поля некоторый мульчирующий слой. Причем, чем больше угол наклона пластин, тем выше этот слой. С увеличением диаметра катка происходит снижение влияния центробежных сил инерции, что ведет к уменьшению мульчирующего слоя на поверхности почвы.

Поэтому в дальнейших исследованиях устанавливали угол наклона уплотняющих пластин 25°. При таком угле наклона обеспечивается необходимая плотность посевного слоя на всех исследуемых катках и создается необходимый мульчирующий поверхностный слой, препятствующий быстрому испарению влаги.

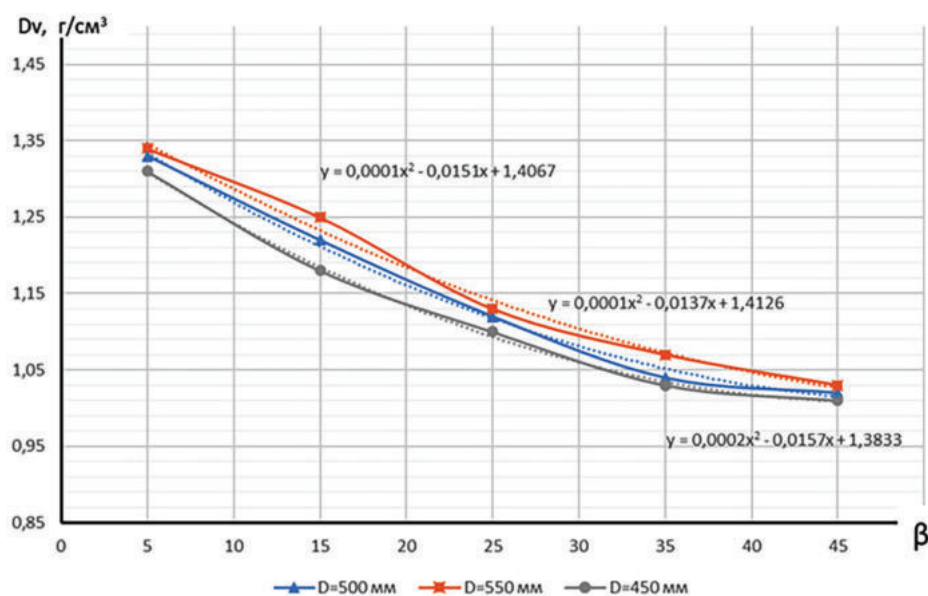


Рисунок 2 – Зависимость изменения плотности почвы в посевном слое от угла наклона пластин

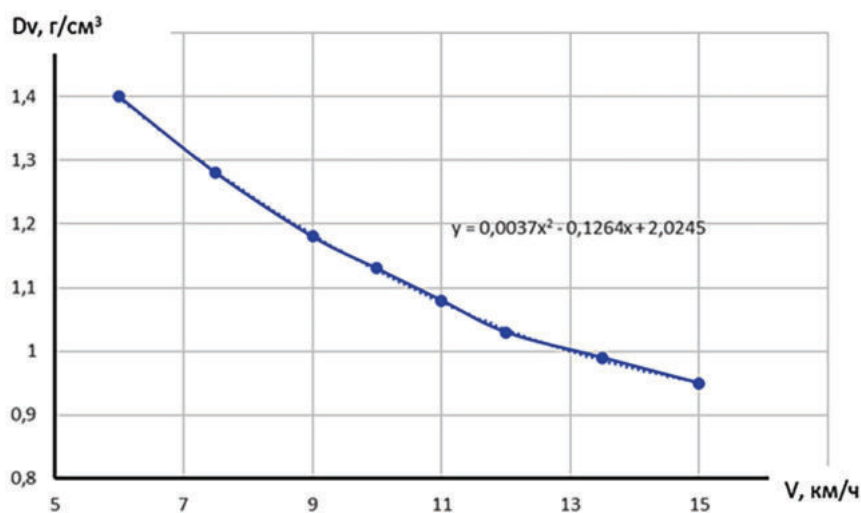


Рисунок 3 – Зависимость уплотнения почвы катком от скорости движения агрегата

Влияние скоростных характеристик агрегата на плотность формирования посевного ложа. Агротехническими нормами установлена скорость движения агрегата при прикатывании почвы кольчато-шпоровыми катками в пределах от 8 до 12 км/ч. В связи с этим, при проведении экспериментальных исследований диапазон рабочих скоростей агрегата изменяли в пределах от 5 до 15 км/ч для получения более наглядных и достоверных результатов исследований.

График изменения плотности почвы Dv в зависимости от скорости движения V агрегата представлен на рисунке 3. Угол наклона уплотняющих пластин принят 25° , а диаметр прикатывающего катка – 500 мм.

Анализ графической зависимости, произведенный на основании экспериментальных данных изменения плотности почвы от скорости движения трактора, позволяет сказать, что увеличение скорости агрегата приводит к снижению плотности почвы. Причем на малых скоростях движения 6–7 км/ч, плотность почвы несколько выше агротехнически допустимого предела для мелкосемянных культур. Далее с 7 до 11 км/ч ее плотность, с точки зрения агротехники является оптимальной. Дальнейшее увеличение скорости агрегата с 11 до 15 км/ч ведет к снижению плотности почвы в посевном слое ниже допустимых значений. Такой характер снижения плотности

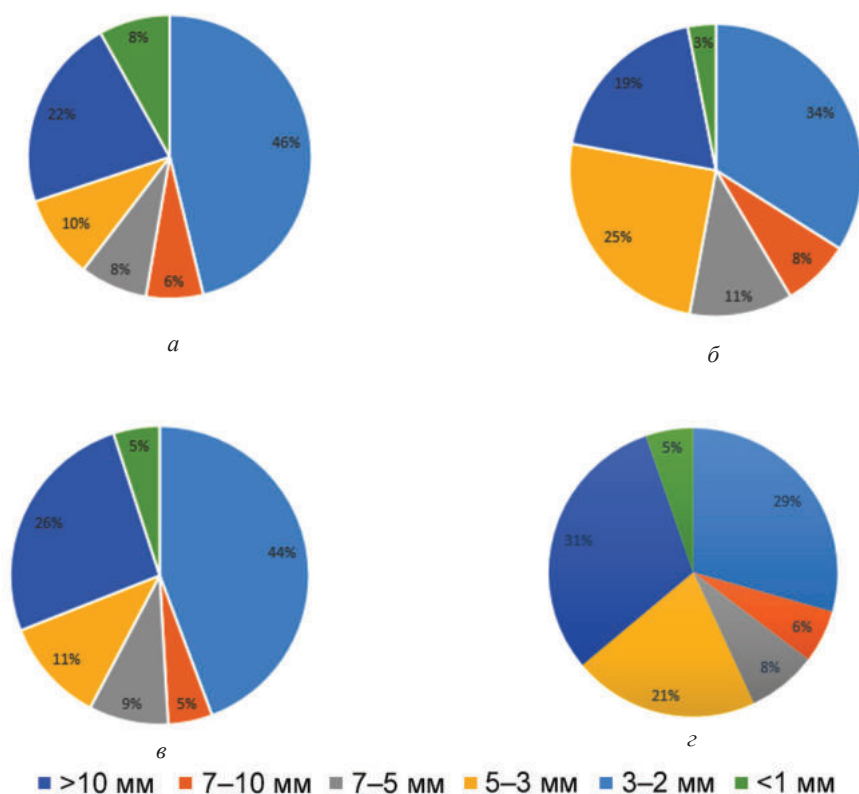


Рисунок 4 – Структурный состав поверхностного слоя почвы при различном расстоянии расстановки катков на валу: а – до обработки; б – расстояние расстановки 250 мм; в – расстояние расстановки 225 мм; г – расстояние расстановки 200 мм

обусловлен уменьшением времени воздействия уплотняющих пластин на почву, т. е. почва не успевает уплотниться и происходит ее релаксация.

Значительное влияние на расхождение параметров плотности почвы оказывает влажность почвенных образцов – при оптимальной влажности почвы 20,0 % значения действительной и измеренной плотности почвы имеют расхождения не более 1,5 %.

Влияние расстановки катковых рабочих органов на структурный состав и гребнистость поверхности поля. Структура является фундаментальной характеристикой почвы, так как от нее зависят экологические и продуктивные функции почвы [2]. В результате проведенных исследований установлено, что структурно-агрегатный состав почвы изменялся в зависимости от расстояния расстановки катковых рабочих органов на оси. Сравнительная оценка структурного состава почвы при различных расстояниях установки катков относительно друг друга представлена на диаграммах (рисунок 4).

До обработки в поверхностном слое на глубине до 10 см преобладала глыбистая структура (почвенные агрегаты более 10 мм) – 46 %. После прохода экспериментальной установки с катковыми рабочими органами процентное содержание почвенных агрегатов более 10 мм заметно начало снижаться (с 46 % до 29 %), особенно с уменьшением расстояния между катками. При этом наблюдалось полное отсутствие комков почвы размером более 50 мм. Данный факт объясняется тем, что при более плотном расположении катков друг к другу, обеспечивается более полный (без пропусков) контакт уплотняющих пластин на катке с обрабатываемой поверхностью поля. Почти половину всего объема пробы стали занимать агрегаты размером 2–5 мм. Таким образом, условие, установленное В. В. Медведевым (размер преобладающих почвенных агрегатов в посевном слое почвы должен приблизительно соответствовать размеру высеваемых семян), выполняется [3].

Хорошая выровненность поля особенно актуальна при подготовке почвы к посеву мелкосемянных культур. В процессе экспериментальных исследований катковых рабочих органов наблюдалась лучшая выровненность поверхности поля при уменьшении межкосового расстояния L

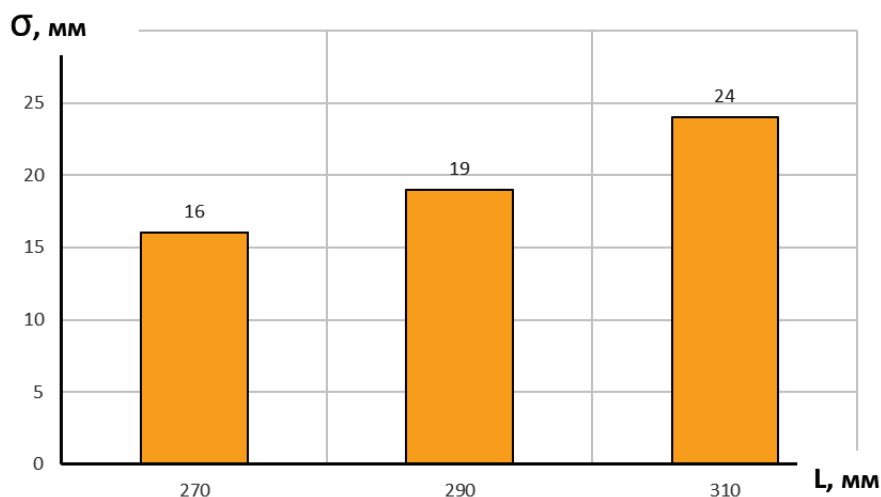


Рисунок 5 – Изменение гребнистости почвы в зависимости от различного межрядового расстояния между катками

между катками. С увеличением этого расстояния гребнистость поверхности поля увеличивалась до определенного значения и далее оставалась неизменной (рисунок 5). Таким образом, наименьшее среднее квадратическое отклонение σ неровностей поверхности поля после обработки катком составляло 16–17 мм при межрядовом расстоянии L между валами, на которых установлены катки, равном 270 мм.

Увеличение гребнистости с увеличением межрядового расстояния обусловлено отсутствием подпора почвы смежными катками, в результате чего часть почвы при работе катка выдавливается в сторону, образуя гребень.

Влияние расстановки волнистых дисков на качество обработки почвы. С целью определения влияния шага расстановки волнистых дисков на валах экспериментальной установки на агротехнические показатели предпосевной обработки почвы проводились экспериментальные исследования на различных скоростях движения (от 8 до 12 км/ч). Исследованию подвергались диски с различными конструктивными параметрами (см. таблицу).

Конструктивные параметры исследуемых волнистых дисков

Рабочие органы	Конструктивные параметры волнистого диска			
	Диаметр диска d , мм	Количество волн n , шт.	Ширина диска B , мм	Толщина диска, мм
1	500	12	20	4
2	510	8	50	5
3	550	8	60	5

Согласно агротехническим требованиям, предъявляемым к предпосевной обработке почвы, крошение комков до размера менее 25 мм должно составлять не менее 80 %. При фоновой обработке до начала исследований этот показатель составлял 66,7 %.

В ходе проведения исследований были получены результаты, по которым построены диаграммы, характеризующие влияние расстановки волнистых дисков на валах экспериментальной установки на качественные показатели процесса рыхления почвы, а именно, распределение почвы по фракционному составу K_d (рисунки 6, 7, 8) при скорости движения экспериментальной установки 10 км/ч.

Анализ результатов исследований показывает, что увеличение расстояния a между смежными волнистыми дисками существенно влияет на качество выполнения технологического процесса рыхления почвы и структурный состав для всех исследуемых дисков.

Так, увеличение расстояния между смежными дисками (при $D = 510$ мм, $n = 8$ шт., $B = 50$ мм) ведет к увеличению массовой доли фракций K_d размером более 25 мм с 18 %, при минимальном расстоянии между дисками $a = 100$ мм, до 20 % при расстоянии между дисками $a = 150$ мм и до

24 % при расстоянии $a = 200$ мм (рисунок 6). Однако при этом наблюдается снижение массовой доли фракций K_d размером менее 10 мм.

Для дисков с параметрами ($D = 550$ мм, $n = 8$ шт., $B = 60$ мм) наблюдается незначительное снижение массовой доли фракций K_d размером более 25 мм с 18, 19, 22 % для соответствующих междисковых расстояний 100, 150, 200 мм (рисунок 7).

Заметное увеличение массовой доли фракций K_d размером более 25 мм наблюдается у дисков с параметрами ($D = 500$ мм, $n = 12$ шт., $B = 20$ мм). Так, при расстоянии между дисками 100 мм количество фракций размером более 25 мм составляет 24 %. Далее их содержание доходит до 30 % при $a = 150$ мм и 31 % при $a = 200$ мм (рисунок 8).

Влияние расстояния между смежными дисками на качественные показатели их работы обуславливается формированием зон напряжений и деформаций при вращении диска в почве. С увеличением расстояния свыше предельного образуются не разрыхленные промежутки между зонами работы смежных дисков. В этих промежутках почва подвергается только деформациям, возникающим при движении волны диска, что снижает качество крошения почвы.

Таким образом, результаты исследований показывают, что наиболее эффективным диском, с точки зрения рыхления и крошения почвы, являются диски с большей шириной волны (50–60 мм). Диски с узкой шириной захвата не обеспечивают требуемого качества крошения почвы.

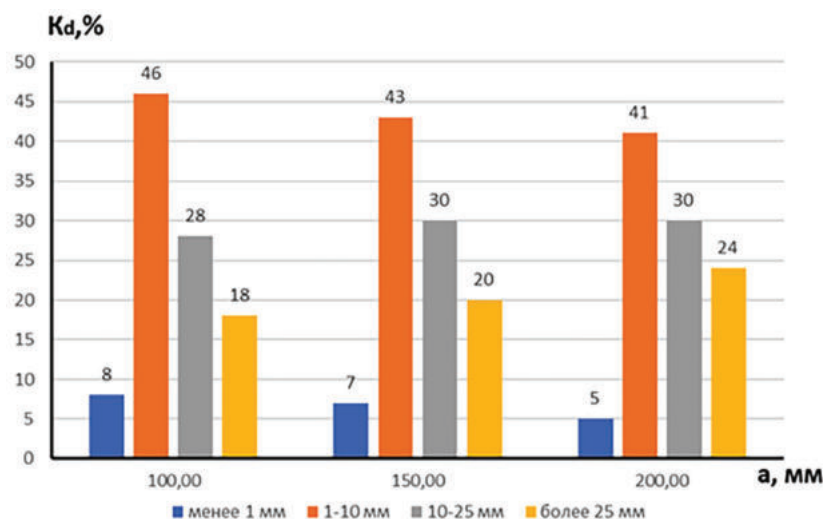


Рисунок 6 – Влияние расстановки волнистых дисков на качественные показатели процесса рыхления (при $D = 510$ мм, $n = 8$ шт., $B = 50$ мм)

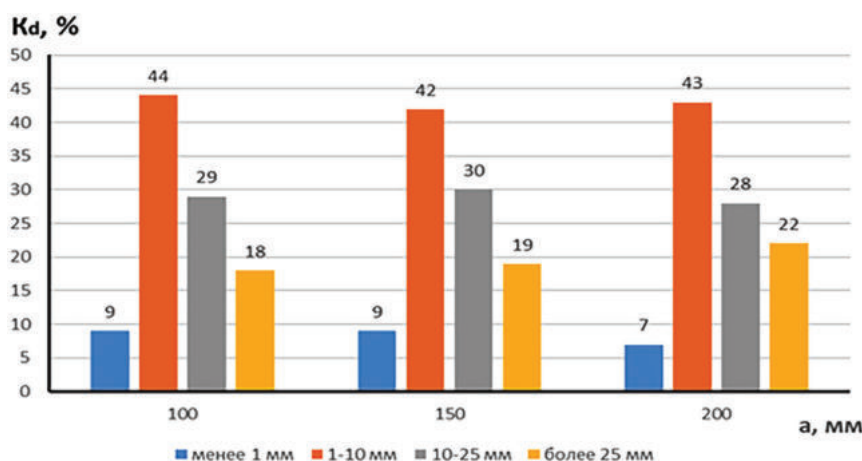


Рисунок 7 – Влияние расстановки волнистых дисков на качественные показатели процесса рыхления (при $D = 550$ мм, $n = 8$ шт., $B = 60$ мм)

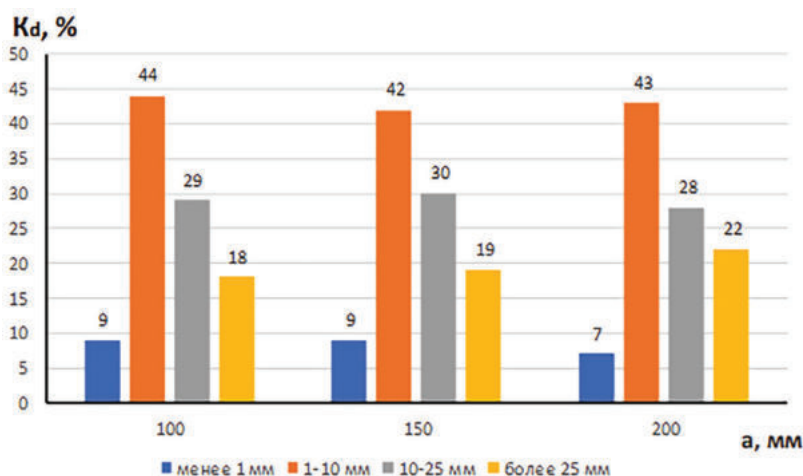


Рисунок 8 – Влияние расстановки волнистых дисков на качественные показатели процесса рыхления (при $D = 500$ мм, $n = 12$ шт., $B = 20$ мм)

Однако если уменьшить междисковое расстояние менее 100 мм, то данные диски также справятся с задачей рыхления и крошения почвы, но это будет значительно повышать материалоемкость, а также и энергоемкость экспериментальной установки.

Заключение

В ходе проведения экспериментальных исследований катковых и рыхлительных рабочих органов на экспериментальной установке в полевых условиях получены следующие результаты:

- определен угол наклона уплотняющих пластин на катковом рабочем органе равный 25° , при котором обеспечивается необходимая плотность посевного слоя $1,1\text{--}1,3$ г/см³, и создается необходимый мульчирующий поверхностный слой, препятствующий быстрому испарению влаги с почвы;
- определен рациональный диаметр катка $D = 500$ мм, при котором обеспечиваются требуемые агротехнические показатели качества выполнения технологического процесса прикатывания почвы;
- установлено, что с увеличением скорости движения агрегата плотность посевного слоя снижается. Полученные значения зависимости плотности почвы от скорости движения агрегата позволяют реализовать возможность регулирования режимов работы катковых рабочих органов при предпосевной обработке почвы;
- приведена сравнительная оценка структурного состава почвы при различных расстояниях установки катковых рабочих органов относительно друг друга, показывающая, что наиболее ценные агрохимические фракции почвенных комков получаются при расстоянии их установки 200 мм;
- показано влияние межосевого расположения катковых рабочих органов на гребнистость поверхностного слоя почвы. Наилучший результат достигается при расстоянии 270 мм, а с его увеличением гребнистость поля увеличивается;
- установлено, что наибольшее влияние на технологический процесс рыхления и крошения почвы волнистыми дисками оказывает ширина волны. Уменьшение ширины волны волнистого диска приводит к увеличению массовой доли фракций комков более 25 мм. Диаметр диска при этом заметного влияния не оказывает.

Список использованных источников

1. Бегун, П. П. Экспериментальная установка для предпосевной подготовки почвы под посев мелкозерновых культур / П. П. Бегун // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Междун. науч.-практ. конф., 23–24 ноября 2023 г. – Минск : БГАТУ, 2023. – С. 112–116.
2. Медведев, В. В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). – Харьков : 13 типография, 2008. – 406 с.
3. Медведев, В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В. В. Медведев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 159 с.