

АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ - ПЛОВДИВ

ФАКУЛТЕТ ПО ЛОЗАРО - ГРАДИНАРСТВО

КАТЕДРА „МЕХАНИЗАЦИЯ НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО”

ПЕТЯ АНГЕЛОВА ГЕНКОВА

**СРАВНИТЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА АКТИВНИ
ДИСКОВИ РАБОТНИ ОРГАНИ ЗА
ПОВЪРХНОСТНА ОБРАБОТКА НА ПОЧВАТА**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен

„ДОКТОР” по

Механизация и електрификация на растениевъдството

НАУЧНИ РЪКОВОДИТЕЛИ:

ДОЦ. Д-Р ИНЖ. МАНОЛ ДАЛЛЕВ

ДОЦ. Д-Р ДИМИТЪР РАЗПОПОВ

Пловдив

2025

Дисертационният труд е написан на 129 страници и включва 25 таблици и 66 фигури. В списъка на цитираната литература са посочени 101 източника на кирилица.

Дисертационният труд е обсъден и предложен за защита на заседание на катедрен съвет на катедра —Механизация на земеделието, Аграрен университет – Пловдив, с протокол №48 13.11. 2025г.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на от часа в зала №..... на Аграрен университет – Пловдив, на заседание на Специализирано научно жури, назначено от Ректора на Аграрния университет със Заповед № РД-16-101/23.01.13 в състав:

Рецензии от:

Доц. д-р. инж. Димитър Киров Кехайов
Доц. д-р. инж. Иван Брайков Иванов

Становища от:

Проф. д-р. инж. Виолета Димитрова Рашева
Доц. д-р. инж. Димитър Енев Зяпков
Доц. д-р. инж. Галя Милчева Христова

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в библиотеката на Аграрен Университет – Пловдив, бул. Менделеев № 12

ИЗПОЛЗВАНИ СИМВОЛИ И СЪКРАЩЕНИЯ

- k - Коефициент на структурност, (%) B
- Работна ширина, m
D - Диаметър на барабана, mm a -
Максимална дълбочина на фрезуване, cm
n - Честота на въртене на барабана, min⁻¹
G - Маса на машината, kg
N - Необходима мощност за задвижване, kW
V м - Постъпателната скорост на машината, m/s
X_z - Стъпката на фрезата, cm n -
Големината на напрежението λ
- Кинематичен показател
ω - Ъглова скорост min⁻¹
t - Времетраене, s
r - Радиус на окръжността, m
T - Време за един оборот на фреза, min
R - Агрономически ценна почва, %
W_a - Абсолютна влажност на почвата, %
l - Дължина, m
B_p - Работна ширина на машината, m
V - Обема почва, m³

Анотация

В настоящият труд е представено сравнително изследване на два иновативни активни дискови почвообработващи органа с различен конструктивен профил, предназначени за повърхностна обработка на почвата. Разработването им е мотивирано от необходимостта да се преодолеят установени ограничения на традиционните активни работни органи, свързани с прекомерно раздробяване, риск от разпрашаване и недостатъчна адаптивност към различни почвени условия.

Целта на изследването е да се оцени въздействието на новите дискови органи върху качеството на обработвания почвен слой чрез анализ на раздробяването, равномерността на поддържаната дълбочина, профила на дъното след обработка и ефективността на инкорпорирането на мелиорант. Изградени са механо-математични модели за описание на кинематиката на дисковете, които позволяват симулационно изследване на работния процес при различни кинематични режими.

Експерименталната постановка включва изпитвания на двата вида дискове при вариращи стойности на постъпателната скорост и абсолютната влажност на почвата върху два различни почвени фона. Проведен е и сравнителен анализ на работните показатели при реални експлоатационни условия.

Получените резултати потвърждават, че новосъздадените дискови работни органи осигуряват по-равномерно въздействие върху почвата, по-добро размесване на обработения слой и намалена склонност към разпрашване.

Установена е висока устойчивост на поддържаната дълбочина и по-добра хомогенност на дъното на браздата в сравнение с базови конструкции.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема: Почвата представлява сложна дисперсна система, чиито основни свойства – влажност, порьозност, структурност и плътност – определят нейното плодородие и устойчивост. Механичната обработка значително влияе върху тези свойства, а неправилното въздействие може да доведе до разрушаване на почвената структура, увеличено разпрашаване и повишена ерозионна чувствителност. В условията на

съвременно земеделие, климатични промени и необходимост от устойчиво управление на почвените ресурси, щадящото и ефективно обработване на повърхностния слой придобива особено значение.

Машините с активно задвижване на работните органи са важна част от процесите за подготовка на почвата, тъй като осигуряват интензивно раздробяване и размесване. Въпреки това те имат съществени ограничения: прекомерно раздробяване на агрегатите, образуване на свръхфини фракции, риск от разпрашаване, висока енергийна консумация и ограничена адаптивност към различни почвено-климатични условия. Кинематичните особености на традиционните фрезови работни органи водят до неравномерно дъно, нежелано уплътняване и ограничават възможната работна скорост. Тези недостатъци влияят пряко върху качеството на обработката и върху дългосрочното състояние на почвената среда.

Научните и инженерните разработки в областта на почвообработващите машини ясно показват, че профилът, формата и кинематиката на работния орган имат определящо значение за качеството на обработката, степента на раздробяване и енергийната ефективност. Това създава необходимост от разработването на нови конструктивни решения, които да осигуряват поравномерно въздействие върху почвата, да намаляват риска от разпрашаване и да подобряват хомогенността на обработения слой.

В този контекст разработването и изследването на активни дискови работни органи с нов профил представлява актуална и значима научна задача. Комбинирането на хоризонтално изместване на почвата с кинематиката на фрезов работен орган открива възможности за подобро разпределение на енергията, по-щадящо въздействие при обработка и по-висока адаптивност към различни почвени условия. Този подход е важен както за повишаване на качеството на агротехническите операции, така и за опазване на почвените ресурси в дългосрочен план.

Целта на дисертационния труд е сравнително да се изследват два иновативни работни органа, с различен профил и активно задвижване, за повърхностна обработка на почвата, съчетаващи кинематиката на почвообработваща фреза с хоризонтална ос на въртене и хоризонталното изместване на почвата от дисков работен орган.

Постигането на поставената цел изисква решаването на ***следните основни задачи***:

1. Обосноваване на работните органи за повърхностна обработка на почвата.
2. Механо-математичен модел на движението на работните органи.

3. Експериментално изследване раздробяването на почвата на два почвени фона.
4. Експериментално изследване размесването на мелиорант в почвата с двата работни органа.
5. Експериментално изследване устойчивостта на работните органи да поддържат равномерна дълбочина.
6. Експериментално изследване на равномерността на дъното на браздата след обработка.

АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕ НА ВЪПРОСА И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Анализът на състоянието на въпроса обхваща изучаването на физичните, механичните и технологичните свойства на почвата като среда за механична обработка, както и особеностите на традиционните и иновативните почвообработващи работни органи. Разгледани са влиянието на активните работни органи върху агрегатния състав, структурността, порьозността и плътността на почвата, както и факторите, водещи до разпрашаване и нарушаване на естествената структура на обработваемия слой. Проследени са ограниченията, свързани с кинематиката на съществуващите почвообработващи фрези — включително образуването на неравномерно дъно, уплътняването от задните повърхнини на мотичките, ограничените възможности за работа при различни скорости и трудността за поддържане на еднаква дълбочина. Проведеният анализ очертава необходимостта от разработването на нов тип активни работни органи, които да комбинират хоризонтално изместване на почвата с кинематиката на фрезова машина. Този подход създава предпоставки за подобряване на равномерността на обработката, ограничаване на разпрашаването, повишаване на качеството на раздробяване и по-добро смесване на почвата с мелиоранти. На тази основа са формулирани задачите на настоящия дисертационен труд, насочени към сравнително изследване на два иновативни активни дискови работни органа.

Методи на изследване: В дисертационния труд са използвани системният подход, аналитичният и сравнителният метод, методите за планиране и анализ на многофакторни експерименти, математическото моделиране, методите на математическата статистика и подходи за оптимизация на многофакторни процеси. Изследването обединява теоретични и експериментални подходи, включващи симулационни модели, лабораторни и полски изпитвания върху два различни почвени фона и статистически анализ на резултатите.

Апробиране на изследването: Основните научни резултати от дисертационния труд са апробирани чрез представяне на катедрен съвет при катедра „Механизация на земеделието— към Аграрен университет – Пловдив, както и на научни сесии, проведени в АУ - Пловдив.

Публикации по дисертационния труд - По темата на дисертационния труд са публикувани три научни труда, включително две статии в специализирани научни издания и един доклад, представен на научна конференция. Публикациите отразяват основните резултати от изследването върху раздробяването на почвата, агрегатния състав, взаимодействието на работните органи с различни почвени фонове и ефективността при инкорпориране на мелиорант.

Разновидност, обем и структура на дисертационния труд: Дисертационният труд съдържа въведение, седем глави, общи изводи, приноси, списък на използваната литература и приложения. Текстът е изложен върху 129 страници и включва 25 таблици и 66 фигури, които представят теоретичните модели, експерименталната постановка и получените резултати. В списъка на цитираната литература са посочени 101 източника на кирилица, отразяващи широк спектър от научни публикации и трудове в областта на механизацията на земеделието. Структурата на труда е логически последователна и проследява целия процес на изследване – от анализа на проблема до обобщаването на научните и приложни резултати.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава I. Анализ на състоянието на въпроса

В главата е разгледано състоянието на проблема, свързан с повърхностната обработка на почвата и влиянието на активните работни органи върху нейните физични и структурни свойства. Анализирани са традиционните почвообработващи фрези и техните основни ограничения – прекомерно раздробяване, разпрашаване, неравномерно дъно и ограничена адаптивност към различни почвени условия. Представени са основните подходи и конструкции, използвани в практиката, както и факторите, определящи качеството на обработката. На основата на критичния анализ е обоснована необходимостта от разработването на нови активни дискови работни органи, съчетаващи хоризонтално изместване на почвата с фрезова кинематика.

От направеният анализ на съществуващото положение могат да се направят следните изводи за машините с активно задвижване на работните органи:

1. Прекомерно раздробяване на почвата

Активните почвообработващи работни органи оказват силно ударно въздействие върху почвата, което води до свръхфино раздробяване на агрегатите. Това явление е подробно описано от Иванов (2018), който подчертава, че прекомерното раздробяване нарушава естествената порьозност и създава предпоставки за водна и ветрова ерозия.

2. Висока енергийна консумация

Непрекъснатото въртене и голямата работна ширина изискват значителна мощност от трактора. Според Петров и кол. (2020), енергийните разходи при активните машини са с 25–30% по-високи спрямо класическите плугове. Това води до увеличаване на разхода на гориво и експлоатационните разходи, което поставя под въпрос икономическата ефективност на тяхното приложение в съвременните условия.

3. Липса на адаптивност към различни почвени условия

Стандартната геометрия и кинематика на активните дискови почвообработващи работни органи не позволява оптимална работа върху различни типове почви – сухи, тежки, влажни или с висока плътност.

1. От кинематиката на почвообработващата фреза се вижда, че постъпателното движение на агрегата изисква работният орган да се монтира така, че задната повърхност на мотичката да не опира в необработена почва.

2. Увеличаването на този ъгъл води до по-голяма вертикална реакция и като следствие неравно дъно.

3. Лимитирането на монтажния ъгъл лимитира и постъпателната скорост на агрегата.

4. Задната повърхност на мотичките уплътняват дъното на обработваемия пласт.

5. От уравненията за движение на точки от фрезевия барабан и на новосъздадения работен орган не може да се установи профилът на дъното на обработения слой почва.

На база направените изводи е целесъобразно да се продължи усъвършенстването на машината съчетаваща хоризонталното изместване на почвата от дисков работен орган с кинематиката на почвообработваща фреза с хоризонтална ос на въртене.

Глава II. МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Методиката на експерименталните изследвания включва организацията, условията и начините за изпитване на двата иновативни активни дискови

работни органа. Изследванията са проведени върху два различни почвени фона – оран и стърнище – при вариращи стойности на постъпателната скорост и абсолютната влажност на почвата. Определени са основните показатели за оценка на качеството на обработката: степен на раздробяване на агрегатите, съдържание на агрономически ценната фракция, равномерност на дъното на обработения слой, устойчивост при поддържане на дълбочината и ефективност на инкорпорирането на мелиорант.

За провеждане на изследванията са използвани лабораторни и полски експериментални постановки, като за всеки работен орган са изпълнени серии измервания при различни режими. Приложени са методи на математическата статистика и регресионен анализ за обработване и интерпретиране на получените данни. Чрез тях са установени зависимостите между конструктивните особености, кинематичните параметри и качествените показатели на почвообработката.

Качеството на работа на почвообработващите машини и оръдия се оценява по следните показатели: отклонение от зададената дълбочина на обработка, степен на разтрошаване почвата, степен на инкорпориране на мелиоранта в почвата и равномерност на дъното на браздата при опитни полета на почвен фон оран и стърнище. Тези показатели се определят при лабораторно-полско изпитване, за което се подбира подходящ участък с определени размери, наклон на терена, тип и състояние на почвата. На избрания участък, непосредствено преди опитите, се съставя подробна характеристика, като се определя: типът на почвата, предшестващата обработка, релефът и микрорелефът, влажността на почвата, съставът и количеството на растителни остатъци по полето и др. За извършването на изследването, а и не само за отглеждане на каквато и да е култура е от изключително значение типа почва или така нареченият почвен анализ.

Спазване на зададената дълбочина на обработка се определя, непосредствено след работния ход на МТА. Измерва се разстоянието от повърхността на полето до твърдо дъно на браздата, на 5 места през равни разстояния от 5 m. Проведените изследвания се извършват в три повторения за всеки от почвените фонове – оран и стърнище, с дискове 1 и дискове 2.

Факторите, които оказват влияние са скорост и влажност. Като скоростта се взема на 3 нива - 0,69 m/s, 1,20 m/s, 2,08 m/s измерени предварително като се поддържат от предавката и оборотите на двигателя. Всеки модел трактор има таблица, която показва каква скорост дава всяка предавка при дадени обороти. Влажността е измерена с почвен влагомер като стойности са в диапазон при двата почвени фона :

Почвен фон оран от 18,5 % - 24,3 %

Почвен фон стърнище 22,1- 25,7 %

Процента на Раздробяване на почвата на агрегати: Определя се за всеки опит, като през равни разстояния по дължината на работния ход се вземат по 5 почвени проби по следния начин: забива се кутия без дъно с размери 400 x 230 x 230 mm. Дъното се вкарва под нея и кутията с почвата се изважда. Вzetите проби се оставят на закрито, при което се изсушават до въздушно сухо състояние и се разделят чрез сита на 3 фракции - с размери до 1 mm; с размери от 1 до 25 mm и с размери над 25 mm. Агрономически ценна почва се определя от фракцията с размери от 1 до 25 mm.

И при тази част от експеримента изследването се проведе в три повторения, на различна скорост, при различен почвен фон, с дискове 1. Данните се обработват статистически чрез специализиран софтуер.

Изследване на равномерността при внасяне на мелиорант в почвата се определя по следния начин. На площ от 1m² по произволен принцип се разхвърля мелиорант с определено тегло. След преминаване на машината се отнема почвения слой на дълбочина 8 cm през стъпка 2cm и пробите се изсушават. След това, по тегловен метод, се изчислява количеството мелиорант при различните дълбочини процентно. Опитът се извърши в три повторения на четири различни дълбочини отново на двата почвени фона, със изследваните дискове 1 и 2. Данните се обработват статистически чрез специализиран софтуер.

Профила на дъното на браздата. Машините с активни работни органи с хоризонтална ос на въртене за повърхностна обработка на почвите работят като нарязват почвата с после действащо надробяване. Това води до неравности по профила на дъното. На определената площ за извършване на опитите след преминаването на почвообработващата машина, след внимателно зачитване на почвата до достигане на дъното на браздата. Замерват се в напречно сечение на браздата през разстояние от 10 cm, а по-дължина на терена през интервал от 50m. При подготовка на почвата агротехнически изисквания за височината на гребените трябва да е до 20 % от зададената дълбочина на обработка или $h=0,2 \cdot a[\text{cm}]$. Опитът се извърши в три повторения, при три различни скорости, на два почвени фона, съответно с двата вида дискове, данните се обработват статистически чрез специализиран софтуер.

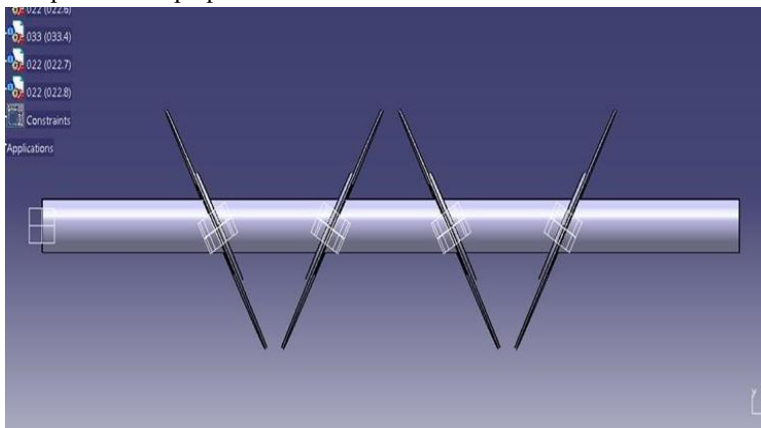
Методи за обработка на данни Математическите данни за Математическо моделиране траекторията на движение на точки от диск, от глава трета. Моделите са получени с програма GEO-GEGBRA. Проведен е регресионен анализ за проследяване на връзките между скорост, влажност и

зададената дълбочина на обработка. Използвана е програма за статистическа обработка, STATISTIKA 7 при ниво на значимост $\alpha=5\%$ и са изведени регресионни уравнения и графики описващи процеса.

III. РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

3.1. Теоретични изследвания

Обект на изследването е Иновативни работни органи. Дадена е принципна схема на разположението на работните органи спрямо вала. И двата модела са изработени с различен профил от стомана 65Г.



Фиг. 1. Работните органи - Диск 1

Диск 1 характеристика:

- кръгла форма $R=200\text{ mm}$
- по периферията му има с отвори с $d=70\text{ mm}$
- дебелина на работните органи $h=4\text{ mm}$



Фиг. 2. Работен орган - Диск 2

Диск 2 характеристика:

- назъбен диск с вълнообразна периферия, $R= 200\text{ mm}$
- височината на всеки зъб е $h=80\text{ mm}$
- широчина е 50 mm
- дебелина на работните органи $h=4\text{ mm}$

3.2. Математическо моделиране на точка от диск.

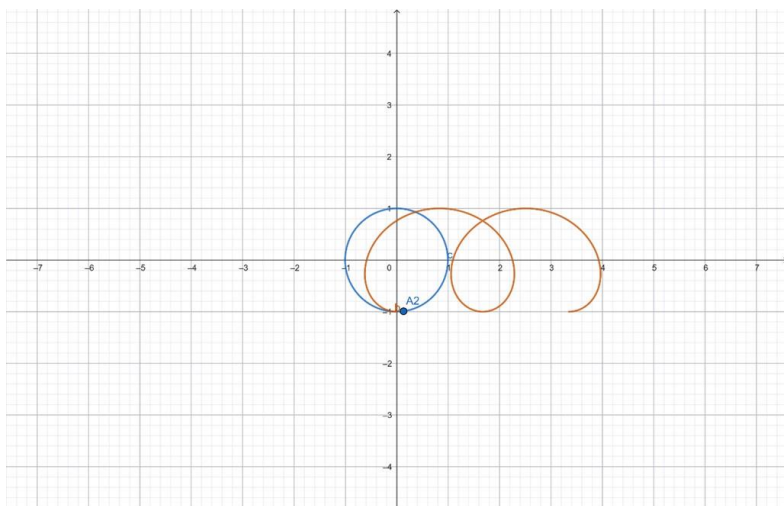
$$V_m=1,2\text{ m/s} \quad \text{и} \quad V_{\text{per}}=4,5\text{ m/s}$$

(1)

Получени са следните уравнения на точка от диск

$$\begin{cases} x = r(0,267 \cdot \omega t - \sin \omega t) \\ z = -r \cos \omega t \end{cases} \quad (2)$$

където ω е ъгловата скорост и $0 \leq t \leq 2\pi$

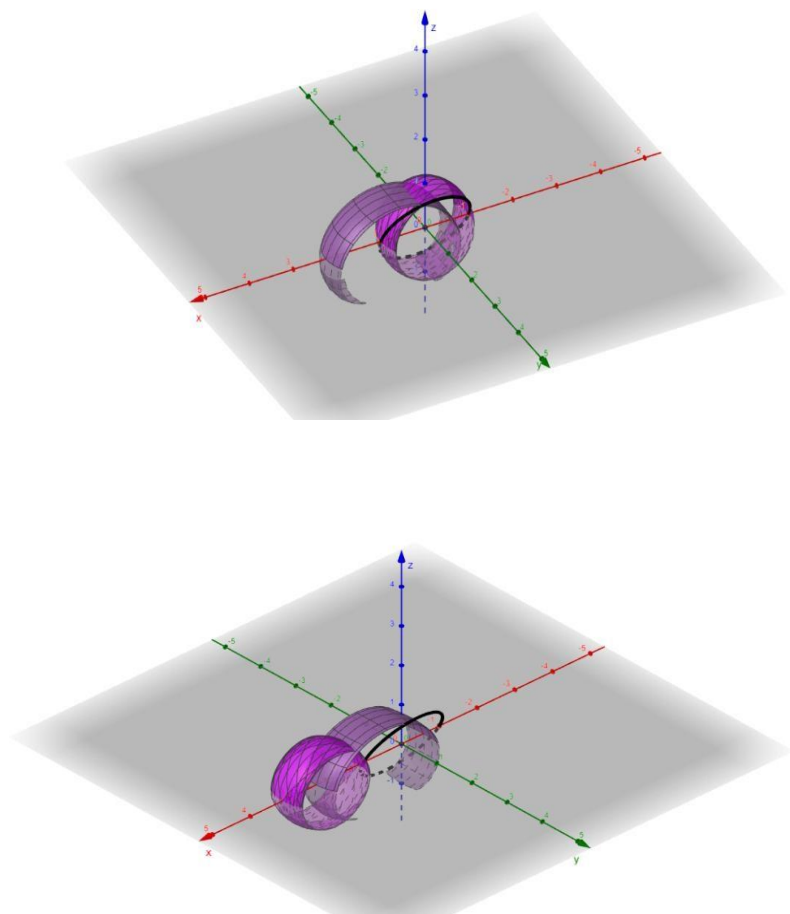


Фиг. 3. Траектории на точки от дисковите работни органи

Параметричните уравнения на повърхнината получени от уравнения на циклоиди при ротация и равномерно движение на произволна точка от кръга.

$$\text{S: } \begin{cases} x = r\sqrt{\cos^2 t + 0.79 \sin^2 t} (0.267\varphi - \sin\varphi) \\ y = r \cos 63^\circ \sin t \\ z = -r\sqrt{\cos^2 t + 0.79 \sin^2 t} \cos\varphi \end{cases} \quad (3)$$

$$0 \leq t \leq 2\pi, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi$$



Фиг. 4. *Пространствен модел и траектория на движение на активен дисков работен орган*

На Фигура 4 е представен триизмерен модел на иновативен почвообработващ работен орган, чиято геометрия е оптимизирана за подобряване качеството на обработка.

При наклон на диска $\alpha=27^\circ$ спрямо перпендикуляра, обема почва на ротационното тяло :

При диск с радиус $r=200 \text{ mm}=0,2 \text{ m}$

$$V=0,09345 \cdot \pi^3 \cdot [(0,2)]^3 = [m^3] \quad (4)$$

$$r^3 = (0,2)^3 \approx 0,008 \text{ m}^3 \quad \pi^3 \approx 30,9905$$

$$V \approx 0,09345 \cdot 30,9905 \cdot 0,008 \approx 0,0232 \text{ m}^3$$

Определяме количеството обработена почва, приемаме 50% от обема на ротационното тяло и получаваме:

$$V_1 \approx 0,0116 \text{ m}^3$$

3.3. Експериментални изследвания

Опитите са изведени в опитния участък на катедра „Растениевъдство— в базата на Аграрен Университет-Пловдив срещу катедра „Механизация на земеделието—, върху два почвени фона: оран и стърнище.

Почвата е представител на ТГП(тежка глинеста почва) със съдържание на 50 % физична глина. Тракторът ТК-80 е агрегатиран с активна машина, чиято работна ширина е $B_r - 0,76 \text{ m}$, обороти на $\text{ВОМ } 540 \text{ min}^{-1}$, и зададена дълбочина на обработка $a = 12 \text{ cm}$. Както бе отбелязано в предходния раздел са наблюдавани следните параметри от работата на изследваните обекти:

Поддържане на зададената дълбочина на обработка

3.3.1. Изследване на поддържането на дълбочината на работа с дискове 1 и 2 на почвен фон оран

Таблица 1 Данни от експерименталните изследвания на фон оран

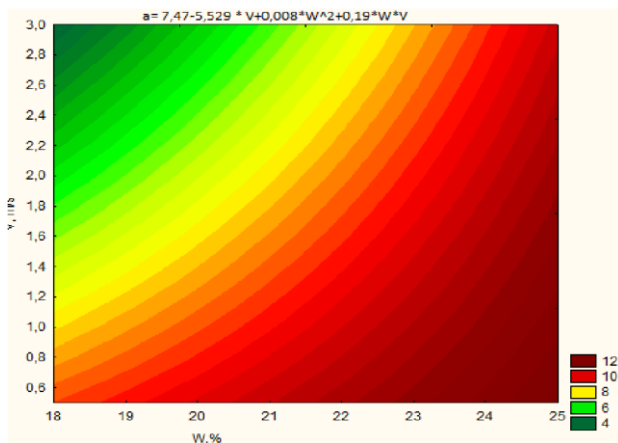
No	W, %	V, m/s	а _{Диск 1} , cm	а _{Диск 2} , cm
1	18,5	0,69	10	9
2	18,5	1,20	8	12
3	18,5	2,08	7	9
4	18,5	0,69	9	8
5	18,5	1,20	7	8
6	18,5	2,08	6	8
7	18,5	0,69	10	9
8	18,5	1,20	9	7
9	18,5	2,08	7	6

10	20,8	0,69	9,5	10
11	20,8	1,20	9	8
12	20,8	2,08	8,5	7
13	20,8	0,69	10	10,5
14	20,8	1,20	9	9
15	20,8	2,08	8	8
16	20,8	0,69	10,5	11,5
17	20,8	1,20	10	11
18	20,8	2,08	9	9
19	24,3	0,69	12,5	12
20	24,3	1,20	11,5	10
21	24,3	2,08	11	8
22	24,3	0,69	12	12,5
23	24,3	1,20	12	11
24	24,3	2,08	11,5	10
25	24,3	0,69	12,5	12
26	24,3	1,20	12	11
27	24,3	2,08	11	10

От проведения регресионен анализ са получени следните модели: Моделите са адекватни и може да се използват за предсказване и решаване на оптимизационни изследователски задачи.

- за диск 1

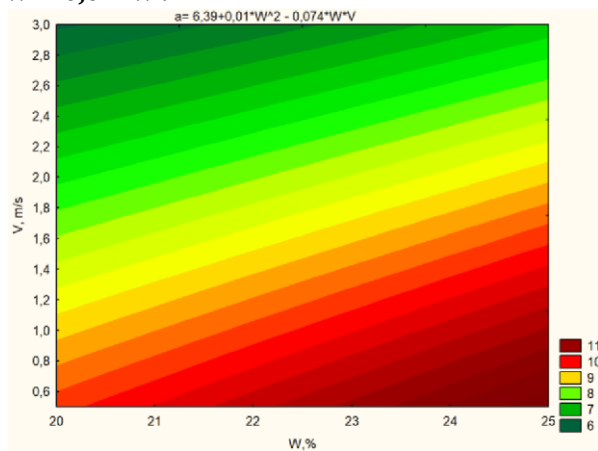
$$a = 7,47 - 5,529 V + 0,008 W^2 + 0,19 W V$$



Фиг. 5. Графична зависимост на показателя а от абсолютната влажност на почвата (W) и постъпателната скорост (V) диск 1

- за диск 2

$$a = 6,39 + 0,01 W^2 - 0,074 W V$$



Фиг. 6. Графична зависимост на показателя а от абсолютната влажност на почвата (W) и

3.3.2. Изследване на поддържането на дълбочината на работа с дискове
1 и 2 на почвен фон стърнище

Таблица 2

Данни от експерименталните изследвания на фон стърнище

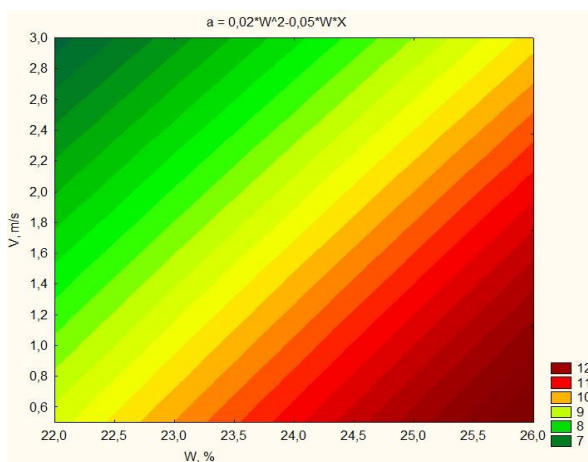
No	W, %	V, m/s	аДиск 1, cm	аДиск 2, cm
1	18,5	0,69	5	9
2	18,5	1,20	6	8
3	18,5	2,08	5	7
4	18,5	0,69	8	10
5	18,5	1,20	6	8
6	18,5	2,08	7	8
7	18,5	0,69	6	10
8	18,5	1,20	6	8
9	18,5	2,08	5	7
10	20,8	0,69	9	12
11	20,8	1,20	9	9
12	20,8	2,08	7	6
13	20,8	0,69	10	12
14	20,8	1,20	8,5	8
15	20,8	2,08	8	5
16	20,8	0,69	9,5	12,5
17	20,8	1,20	9	10
18	20,8	2,08	8	8
19	24,3	0,69	10,5	11,5
20	24,3	1,20	10	10
21	24,3	2,08	8	6
22	24,3	0,69	11,5	12
23	24,3	1,20	11	11
24	24,3	2,08	10	7
25	24,3	0,69	12	12
26	24,3	1,20	11,5	8
27	24,3	2,08	10	6

W – абсолютна влажност [%], V – постъпателна скорост на машината [m/s],
 a – дълбочина на обработка, cm.

Изследване с дискове 1 и 2 на почвен фон стърнище за дълбочина на работа, cm

- за диск 1

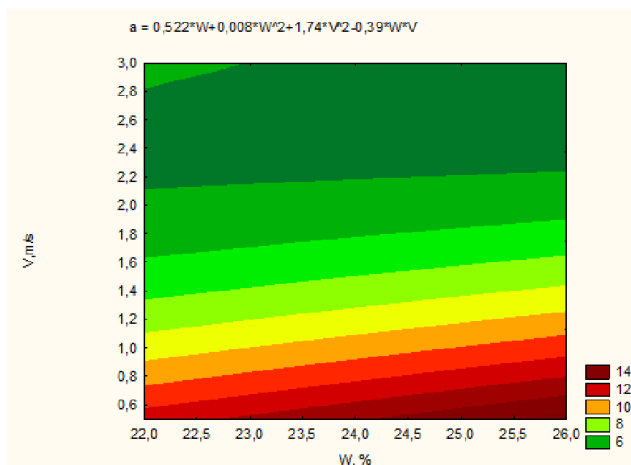
$$a = 0,02 W^2 - 0,05 W V$$



Фиг. 7. Графична зависимост на показателя a от абсолютната влажност на почвата (W) и постъпателната скорост (V) Дискове 1

- за диск 2

$$a = 0,522W + 0,008W^2 + 1,74V^2 - 0,39WV$$



Фиг. 8. Графична зависимост на показателя a от абсолютната влажност на почвата (W) и постъпателната скорост (V) с Диск 2

Диск 1:

- По-устойчив в ораната почва при средна и висока влажност
- По-чувствителен към скорост – значителна липса на дълбочина над 2 m/s
- При стърнище: изразена зависимост от влажността и скоростта не поддържа стабилна дълбочина при $W < 23\%$

Диск 2:

- Най-добро поведение върху почвен фон „оран—, дори при ниска влажност (18,5%)
- При стърнище: постига висока дълбочина при $W > 23\%$, но дълбочината не е поддържана - висока скорост

-По-гъвкав при различни почвени условия, но изисква внимателно управление на скоростта

3.4. Раздробяване на агрегати на два почвени фона при различна скорост и влажност.

Таблица 3

Данни от експерименталните изследвания за диск I

N	Wa %	V m/s	< 1 mm (оран) (%)	1-25 mm (оран) (%)	> 25 mm (оран) (%)	< 1 mm (стърнище) (%)	1-25 mm (стърнище) (%)	> 25 mm (стърнище) (%)
1	11,5	0,69	38,9	48,3	12,8	19,33	50,8	29,87
2	12,8	0,69	37,3	48,9	13,8	19,22	59,95	20,83
3	14,8	0,69	33,9	51,5	14,6	16,6	63,8	19,6
4	15,8	0,69	31,1	54,5	14,4	9,9	70	20,1
5	17,8	0,69	28,9	55,9	15,2	10	72,8	17,2
6	18,9	0,69	26,8	57,1	16,1	6,5	74,4	19,1
7	22,1	0,69	23,1	58,8	18,1	3,66	76,24	20,1
8	23,5	0,69	18,6	60,1	21,3	2,06	73,19	24,75
9	25,7	0,69	15,1	63,3	21,6	1,1	74,3	24,6
1	11,5	1,2	19,6	60,9	19,5	17,2	66,1	16,7
2	12,8	1,2	18,1	61,2	20,7	16,37	69,9	13,73
3	14,8	1,2	16,1	63,9	20	14,6	70,8	14,6
4	15,8	1,2	12,5	66,8	20,7	14,9	71	14,1
5	17,8	1,2	11,8	67,2	21	12	72,8	15,2
6	18,9	1,2	7,9	70,5	21,6	8,5	74,4	17,1
7	22,1	1,2	4,9	72,3	22,8	5,66	76,24	18,1
8	23,5	1,2	4,3	69,8	25,9	4,06	70,19	25,75
9	25,7	1,2	1,8	73,2	25	3,1	69,3	27,6
1	11,5	2,08	13,8	22,2	64	14,9	24,3	60,8
2	12,8	2,08	12,1	26,4	61,5	11,3	28,9	59,8
3	14,8	2,08	12,8	27,2	60	10,9	31,7	57,4
4	15,8	2,08	11,2	27,8	61	9,1	35,5	55,4

5	17,8	2,08	10,1	29,7	60,2	8,8	36,3	54,9
6	18,9	2,08	9,6	31,2	59,2	6,8	39,1	54,1
7	22,1	2,08	7,4	33,6	59	5,1	38,8	56,1
8	23,5	2,08	6,4	37,4	56,2	4,6	42,1	53,3
9	25,7	2,08	5,2	40,57	54,2	2,1	45,3	52,6

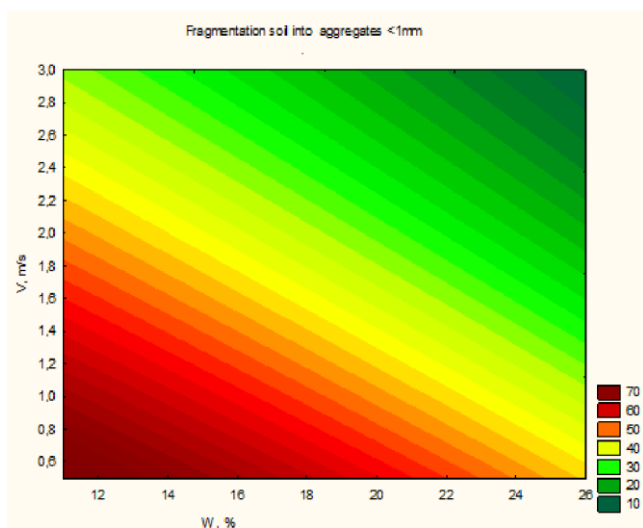
R – раздробяване на почвата на агрегати [%], W – абсолютна влажност [%],
 V – постъпателна скорост на машината [m/s]

За агрономически ценната фракция, се разгледа процеса на раздробяване на различни фракции по отделно при различна скорост и влажност, на два различни почвени фона.

ДИСКОВЕ 1 НА ПОЧВЕН ФОН ОРАН

- агрегати с размер < 1mm:

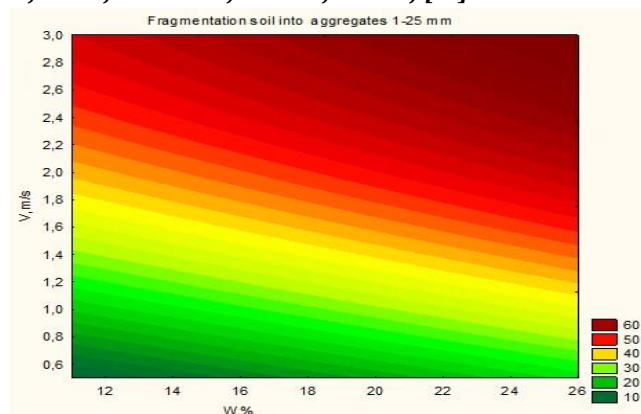
$$R_{<1mm} = 110,52 - 2,21W - 25,25V + 1,77V^2 + 0,21WV, [\%]$$



Фиг. 9. Графична зависимост на фракцията <1 mm от влажността и скоростта

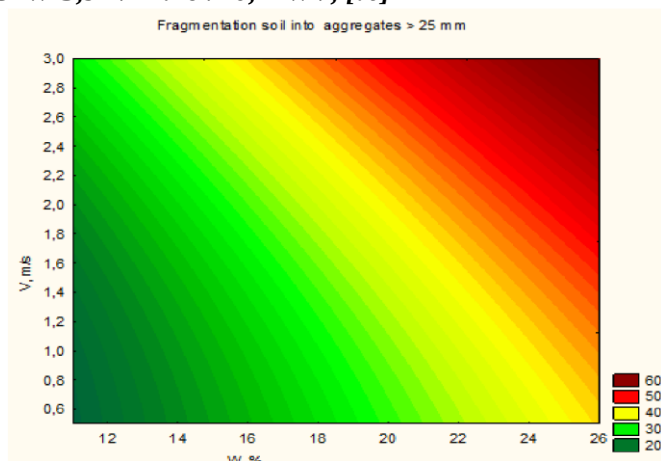
- агрегати с размер от 1 до 25mm:

$$R_{1-25\text{ mm}} = -18,57 + 1,02W + 31,26V - 3,62V^2, [\%]$$



Фиг. 10. Графична зависимост на фракцията 1–25 mm от влажността и скоростта - агрегати с размер >25mm:

$$R_{>25\text{ mm}} = 1,51W - 3,92V + 1,76V^2 + 20,27WV, [\%]$$

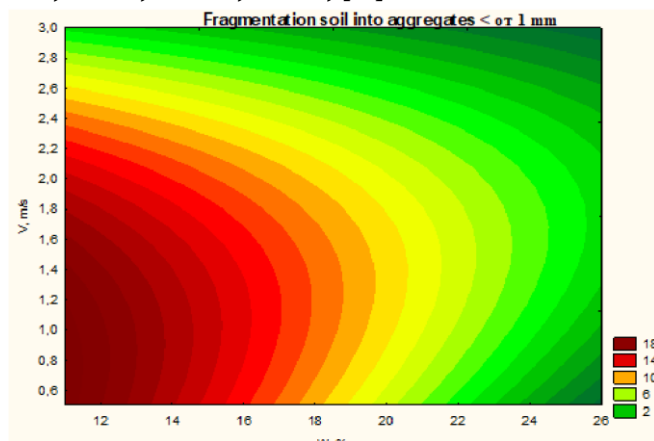


Фиг. 11. Графична зависимост на фракцията >25 mm от влажността и скоростта

ДИСКОВЕ 1 НА ПОЧВЕН ФОН СЪРНИЩЕ

- агрегати с размер < 1mm

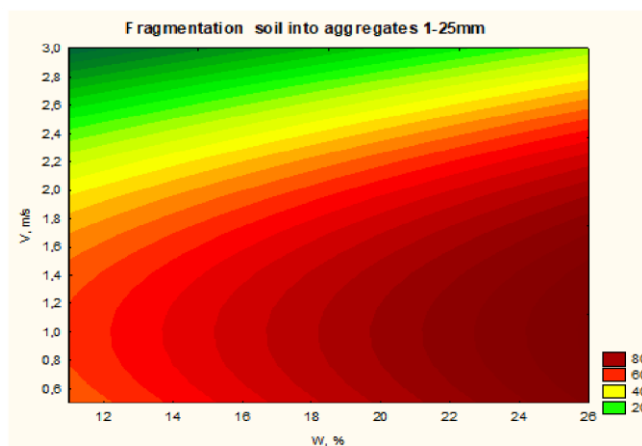
$$R_{<1mm} = 36,39 - 1,68W - 3,30V^2 + 0,44WV, [\%]$$



Фиг. 12. Графична зависимост на фракцията <1 mm от влажността и скоростта

- агрегати с размер от 1 до 25mm:

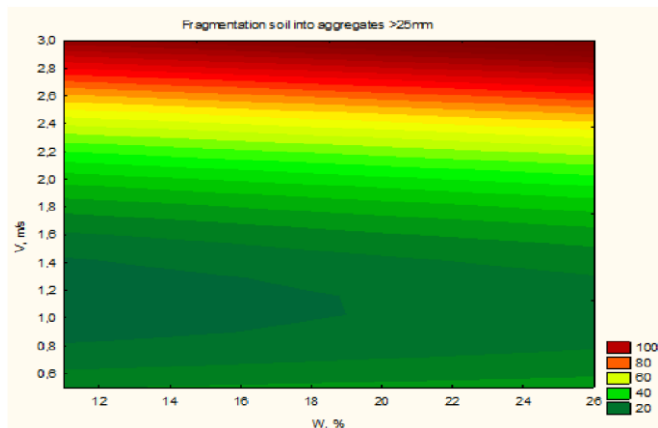
$$R_{1-25mm} = 10,07 + 2,67W + 35,2V - 17,79V^2, [\%]$$



Фиг. 13. Графична зависимост на фракцията 1–25 mm от W и V

-агрегати с размер >25mm:

$$R_{>25mm} = 47,14 - 63,18V + 26,63V^2 + 0,29WV, [\%]$$



Фиг.14. Графична зависимост на фракцията >25 mm от W и V

Данни от експерименталните изследвания за диск 2

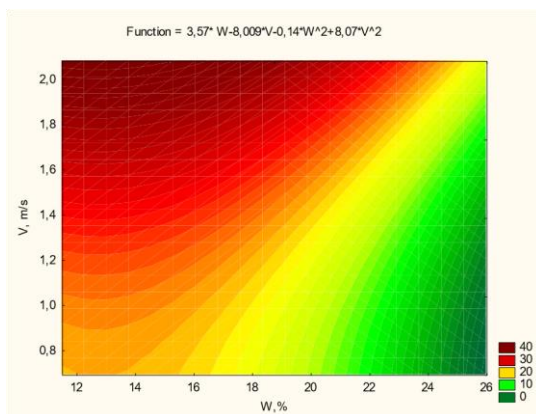
Табл.4

N	Wа %	V m/s	< 1 mm (оран) (%)	1-25 mm (оран) (%)	> 25 mm (оран) (%)	< 1 mm (стърнище) (%)	1-25 mm (стърнище) (%)	> 25 mm (стърнище) (%)
1	11,5	0,69	20,1	51,6	30,5	20,1	51,6	30,5
2	12,8	0,69	20	60,7	21,1	20	60,7	21,1
3	14,8	0,69	17,3	64,6	20,1	17,3	64,6	20,1
4	15,8	0,69	10,5	70,9	20,4	10,5	70,9	20,4
5	17,8	0,69	10,7	73,6	17,7	10,7	73,6	17,7
6	18,9	0,69	6,9	75,3	19,4	6,9	75,3	19,4
7	22,1	0,69	3,9	77,1	20,3	3,9	77,1	20,3
8	23,5	0,69	2,4	74,1	25	2,4	74,1	25
9	25,7	0,69	1,4	75,1	24,9	1,4	75,1	24,9
1	11,5	1,2	17,2	66,1	16,7	17,2	66,1	16,7
2	12,8	1,2	16,37	69,9	13,73	16,37	69,9	13,73

3	14,8	1,2	14,6	70,8	14,6	14,6	70,8	14,6
4	15,8	1,2	14,9	71	14,1	14,9	71	14,1
5	17,8	1,2	12	72,8	15,2	12	72,8	15,2
6	18,9	1,2	8,5	74,4	17,1	8,5	74,4	17,1
7	22,1	1,2	5,66	76,24	18,1	5,66	76,24	18,1
8	23,5	1,2	4,06	70,19	25,75	4,06	70,19	25,75
9	25,7	1,2	3,1	69,3	27,6	3,1	69,3	27,6
1	11,5	2,08	15,6	25,4	61,2	15,6	25,4	61,2
2	12,8	2,08	12	30,1	60,1	12	30,1	60,1
3	14,8	2,08	11,6	32,8	57,9	11,6	32,8	57,9
4	15,8	2,08	9,8	36,7	55,9	9,8	36,7	55,9
5	17,8	2,08	9,4	37,5	55,4	9,4	37,5	55,4
6	18,9	2,08	7,4	40,2	54,5	7,4	40,2	54,5
7	22,1	2,08	5,7	39,9	56,6	5,7	39,9	56,6
8	23,5	2,08	5	43,4	53,9	5	43,4	53,9
9	25,7	2,08	2,8	46,6	52,9	2,8	46,6	52,9

- агрегати с размер < 1mm

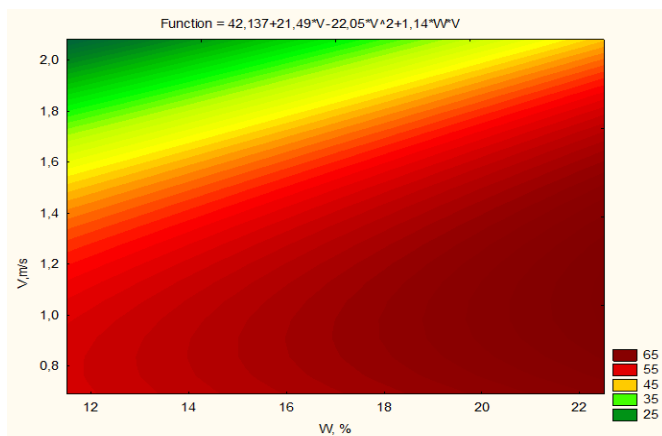
$$R_{<1mm} = 3,57 W - 8,009V - 0,14W^2 + 8,07V^2$$



Фиг. 15. Раздробяване на агрегатите при Диск 2 в зависимост от W и V

- агрегати с размер 1-25mm:

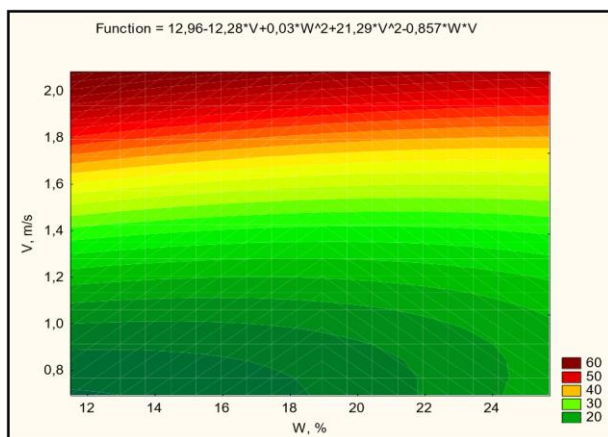
$$R_{1-25mm} = 42,137 + 21,49V - 22,05V^2 + 1,14WV$$



Фиг. 16. Влияние на влажността и скоростта върху степента на раздробяване при Диск 2

-агрегати с размер >25mm:

$$R_{>25mm} = 12,96 - 12,28V + 0,03W^2 + 21,29V^2 - 0,857WV$$



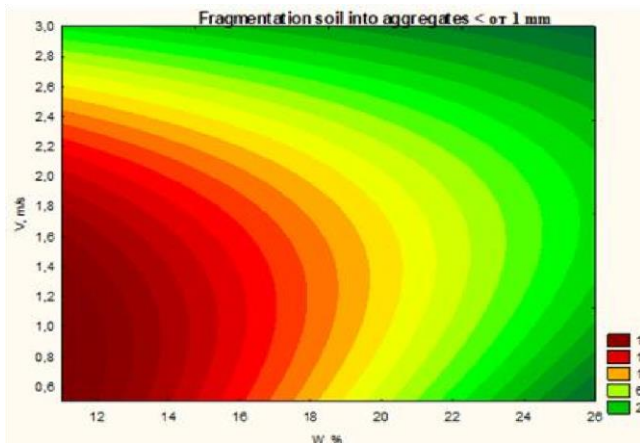
Фиг. 17. Влияние на влажността и скоростта върху степента на раздробяване при Диск 2

Най-благоприятна скорост за получаване на агрономически ценна почва (1– 25 mm) е 1.2 m/s. При тази скорост и висока влажност (над 18– 20%) се достига оптимално съотношение – над 70% от почвата е в ценната фракция.

ПОЧВЕН ФОН СЪРНИЩЕ С ДИСКОВЕ 2

-агрегати с размер < 1mm

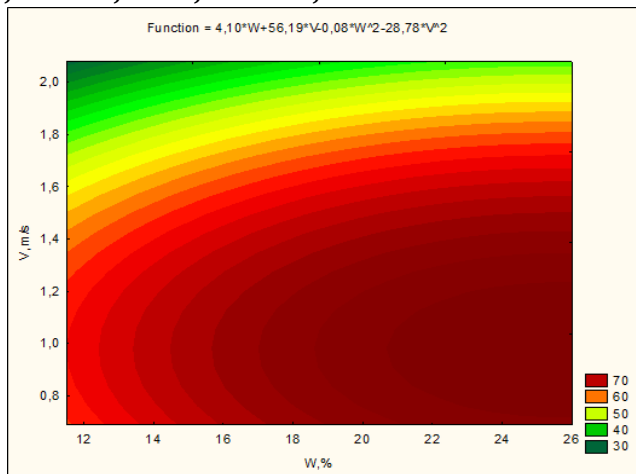
$$R_{<1mm} = 36,62 - 1,66 W - 3,07V^2 + 0,41WV$$



Фиг. 18. Влияние на влажността и скоростта върху дела на агрегатите <1 mm при Диск 2

- агрегати с размер 1-25mm:

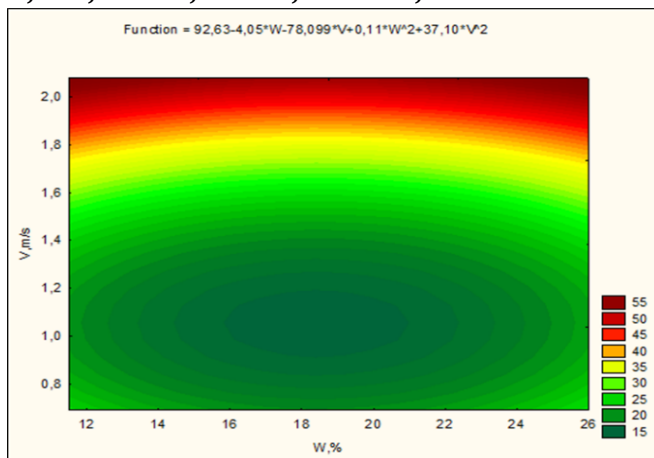
$$R_{1-25mm} = 4,10W + 56,19V - 0,08W^2 - 28,78V^2$$



Фиг. 19. Зависимост на степеня на раздробяване на агрегатите от 1-25mm при Диск 2 от влажността и скоростта

-агрегати с размер > 25 mm

$$R_{>25mm} = 92,63 - 4,05W - 78,099V + 0,11W^2 + 37,10V^2$$



Фиг. 20. Зависимост на степеня на раздробяване на

агрегатите от > 25mm при Диск 2 от влажността и скоростта

Най-голям дял от агрономически ценната фракция (1–25 mm) се получава при Диск 1 на почвен фон стърнище, при ниска скорост (0,69 m/s) и влажност около 22% – тогава ценната структура достига 77,1%.

Диск 2 имат леко предимство при стърнище и висока влажност, докато Диск 1 са малко по-ефективни при ниска скорост и оран. При висока скорост (2,08 m/s) и двата типа дискове са неефективни – оставят твърде много едри агрегати (>25 mm). Сравнителният анализ показва, че и двата типа дискове са близки по ефективност, като различията са минимални и се проявяват основно при специфични условия (стърнище, висока влажност).

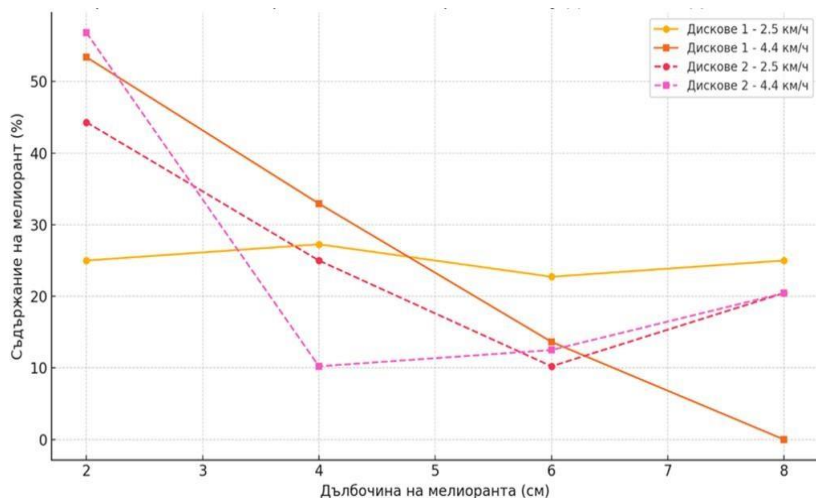
3.5. Изследване на равномерността при внасяне на мелиорант в почвата

Представените експериментални данни отразяват максималното съдържание на мелиорант, постигнато при различни скорости на движение (виж глава Материал и метод) и два почвени фона – оран и стърнище, за два конструктивно различни диска (Диск 1 и Диск 2).

Данни от експерименталните изследвания

Табл.5

Дискове	Почвен фон	Скорост (m/s)	Най-високо съдържание на мелиорант (%)	Дълбочина (cm)	Мин. съдържание (%)	Дълбочина (cm)
1	Оран	0,69	27,27	4	22,73	6
1	Оран	1,2	53,41	2	0	8
1	Стърнище	0,69	39,77	8	12,5	6
1	Стърнище	1,2	76,14	2	0	8
2	Оран	1,2	56,82	2	10,23	4
2	Оран	0,69	44,32	2	10,23	6
2	Стърнище	1,2	75,00	2	1,14	8
2	Стърнище	0,69	48,86	4	3,41	8



Фиг. 21. Влияние на дълбочината и скоростта върху разпределението на мелиоранта при двата работни органа

Графиката представя разпределението на мелиоранта по дълбочина на обработвания почвен слой при работа с Диск 1 и Диск 2 при две постъпателни скорости – 2,5 km/h и 4,4 km/h.

Дискове 1

□ При ниска скорост (2.5 km/h) осигуряват по-добро проникване на мелиоранта в слоя до 8 cm, с постепенно намаляване на съдържанието в дълбочина.

□ При по-висока скорост (4.4 km/h) разпределението става по-неравномерно, като основната част от мелиоранта се концентрира в горните 2–4 cm.

□ На стърнище поведението е променливо – регистрират се както високи стойности, така и резки спадове по дълбочина.

Дискове 2

□ Най-високи концентрации се получават в слоя 2–4 cm, независимо от скоростта и почвения фон.

□ При скорост 2.5 km/h има по-равномерно пренасяне към 6 cm, но стойностите остават значително по-ниски от тези в горния слой.

□ При работата на стърнище и висока скорост (4.4 km/h) мелиорантът почти не достига до долните слоеве – в диапазона 6–8 cm концентрацията спада до 1–3%.

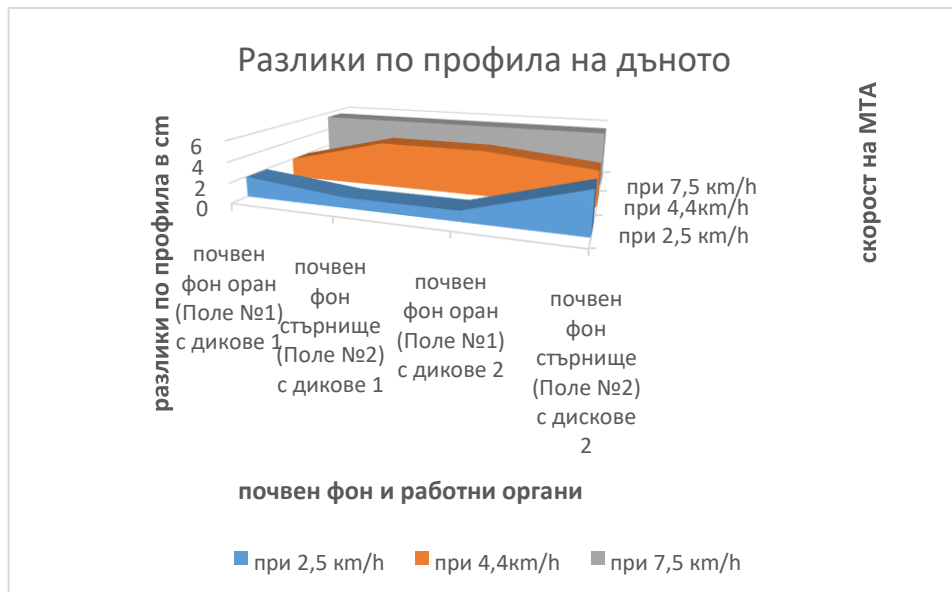
3.6. Изследване равномерността на профила на дъното след обработка

Целта на настоящия анализ е да се определи при кои условия - комбинация от тип работен орган (Диск 1 или Диск 2), почвен фон (оран или стърнище) и скорост на движение - се постига по-малка неравномерност по дъното на обработения почвен пласт. Вертикалните отклонения от профила на дъното (в cm) след обработка - разглеждани като мярка за неравност на обработения слой

Табл.6

Данни от експерименталните изследвания

Разлики по профила на дъното на почвата след обработка			
	при 2,5 km/h	при 4,4km/h	при 7,5 km/h
почвен фон оран (Поле №1) с дикове 1	2cm	2cm	5,5cm
почвен фон стърнище (Поле №2) с дикове 1	1cm	4,5cm	5,5cm
почвен фон оран (Поле №1) с дикове 2	1cm	4,5cm	5,5cm
почвен фон стърнище (Поле №2) с дискове 2	4cm	3,5cm	5,5cm



Фиг.22. Отклонения в профила на дъното при работа с Диск 1 и Диск 2 върху оран и стърнище при различни скорости

Диск 1 показва по-добро поведение върху оран почвен фон при скорости 2.5 и 4.4 km/h, където разликите в профила на дъното са около 2 cm. Това го определя като по-ефективен по отношение на поддържането на постоянна дълбочина при този вид почва.

Диск 2 демонстрира минимална неравност на оран при 2.5 km/h (1 cm), но върху стърнище отклоненията значително нарастват до 4 cm, което показва висока чувствителност към структурните особености на почвения фон.

При висока работна скорост 7.5 km/h и двата дискови органа, независимо от почвения фон, постигат еднакви и максимални отклонения (5.5 cm). Това потвърждава, че тази скорост е агротехнически неподходяща и не осигурява стабилност на дълбочината при нито една от конфигурациите.

IV ИЗВОДИ:

1. Разработени са два нови активно задвижвани работни органа за повърхностна обработка на почвата, които съчетават кинематиката на

почвообработваща фреза с хоризонтална ос на въртене и хоризонтално изместване на почвата от дисков работен орган.

2. Синтезирана е нова конструкция на машина конструктивно решение, осигуряващо комбинирано въздействие върху почвения слой.

3. Създаден е механо-математичен модел, описващ движението на активно задвижван дисков работен орган, монтиран на хоризонтален вал под ъгъл спрямо неговата ос. Моделът позволява аналитично определяне на параметрите, влияещи върху взаимодействието между диска и почвата.

4. Чрез числени експерименти върху модела са установени оптимални стойности на монтажния ъгъл (27°) и диаметъра на диска (400 mm), които осигуряват теоретично максимални неравности на дъното на браздата от 20.8 mm. Това доказва приложимостта на модела за инженерно проектиране.

5. Експериментално е доказано, че диск 1 по-добре поддържа зададената дълбочина независимо от постъпателната скорост и влажността, поради по-голямата си контактна повърхност с почвата. Диск 2 показва по-ниска устойчивост поради изрязана форма.

6. Експериментите показват, че при почвен фон „стърнище— се постига подобро раздробяване на почвата в сравнение с фон „оран—. Агрономически ценната фракция (1–25 mm) е по-ясно изразена при стърнището.

7. Типът на почвения фон оказва съществено влияние върху ефективността на обработката. При фон „оран— се постигат по-големи дълбочини на обработка при същите условия, докато фон „стърнище— ограничава проникването поради растителни остатъци и по-голяма плътност.

8. Конструктивните особености на дисковете определят тяхната ефективност. Диск 2 показва по-добри резултати при работа на стърнище, докато Диск 1 демонстрира по-стабилна работа при поддържане на зададена дълбочина. Това налага изборът на работен орган да бъде съобразен с конкретния почвен фон.

9. Експериментално е установено, че почвен фон „оран— осигурява подобро хомогенизиране на мелиоранта, докато фон „стърнище— позволява по-дълбоко проникване.

-За повърхностно обогатяване (до 4 cm) са предпочитани дискове 2.

-За по-дълбоко проникване (до 8 cm) дискове 1 при ниска скорост дават най-балансиран резултат.

10. Експериментално е установено, че минимална неравност от 1 cm се постига при:

- Диск 1 върху стърнище; - Диск 2 върху оран.
- при кинематичен показател $\lambda=3,75$

V. СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ

Резултатите от проведените в съответствие с целта и задачите на дисертационния труд теоретични и експериментални изследвания се свеждат до следните основни приноси:

Научно - приложения

1. Разработени са два иновативни активни работни органи, които съчетават кинематиката на почвообработваща фреза с хоризонтална ос на въртене и хоризонтално изместване на почвата посредством дисков работен орган.

2. Предложен е нов подход в проектирането на машини за повърхностна обработка на почвата, осигуряващ едновременно раздробяване и преместване на почвения слой.

3. Създаден механо-математичен модел на движение, описващ движението на активно задвижван дисков работен орган, монтиран на хоризонтален вал под ъгъл спрямо неговата ос. Моделът дава възможност за аналитично изследване на взаимодействието между диска и почвата, като отчита геометричните и кинематичните параметри на системата.

4. Създадена е методика за провеждане на числени експерименти в етапа на проектиране, чрез които могат да се определят оптималните стойности на монтажния ъгъл и диаметъра на диска.

5. Разработена е методика за симулационно моделиране на процеса на взаимодействие на работния орган с деформируемият обем почва. *Приложения*

1. Конструирани са два комплекта активно задвижвани нови работни органи за повърхностна обработка на почвата. Получените резултати доказват тяхната функционална пригодност и ефективност при различни агротехнически условия.

2. Разработени и изследвани са два прототипа дискови работни органи с различен профил за повърхностна обработка на почвата.

3. Установени са математически зависимости, на кинематичния показател върху устойчивостта за поддържане на зададена дълбочина на обработка.

4. Определени са режимите на работа на създадените работни органи, които осигуряват максимален процент агрономически ценна структура на почвата в диапазона 1–25 mm.

5. Експериментално са установени скоростни диапазони за размесване на мелиорант, при които се постига оптимално инкорпориране в почвата.

6. Установена е степента на влияние на постъпателната скорост върху устойчивостта и качеството на работа на машината, окомплектована с двата новосъздадени диска.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЙ ТРУД

1. Genkova, P. (2025). *Investigation of soil aggregates with a size $d < 1$ mm with a new type of active disk working elements on a soil background plowing.* *Scientific Atlas*, 13, 8. ISSN 2738-7518. Retrieved from https://scientificatlas.com/uploads/news_docs/04_SCIENTIFIC%20ATLAS_Petia%20Genkova.pdf
2. Genkova, P. (2025). *Investigation of soil aggregates with a size $d < 1$ mm with a new type of active disk working elements on a stubble soil background.* *Scientific Atlas*, 13, 7. ISSN 2738-7518. Retrieved from https://scientificatlas.com/uploads/news_docs/05_SCIENTIFIC%20ATLAS_Petia%20Genkova.pdf
3. Genkova, P., & Dallev, M. (2025). *Agromelioration activity with a new model of soil cultivating working tool with increased efficiency.* In *Scientific Conference "Traditions Meet Innovations"* (Agricultural University – Plovdiv).

=====

Annotation

This dissertation presents a comparative study of two innovative active disc soil tillage tools with different structural profiles, designed for shallow soil cultivation. Their development is motivated by the need to overcome the established limitations of traditional active tillage tools, related to excessive soil fragmentation, risk of pulverization, and insufficient adaptability to varying soil conditions.

The aim of the research is to evaluate the impact of the newly developed disc tools on the quality of the cultivated soil layer through analysis of soil fragmentation, uniformity of the maintained working depth, bottom profile after tillage, and the effectiveness of soil-ameliorant incorporation. Mechano-mathematical models describing the kinematics of the discs have been developed, enabling simulation studies of the working process under different kinematic regimes.

The experimental setup includes tests of both types of discs at varying forward speeds and absolute soil moisture levels across two distinct soil backgrounds. A comparative analysis of their performance indicators under real operational conditions has also been conducted.

The results confirm that the newly designed disc tools provide a more uniform impact on the soil, improved mixing of the cultivated layer, and reduced susceptibility to

pulverization. High stability of the maintained working depth and improved homogeneity of the furrow bottom are demonstrated in comparison with conventional designs.