

А. М. Мухаметдинов, И. А. Нелюбина
А.М. Muhametdinov, I. A. Nelyubina
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, Россия
Bashkir state agrarian university, Ufa, Russia

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОТАЦИОННОЙ БОРОНЫ ИГОЛЬЧАТОГО ТИПА IMPROVEMENT OF THE NEEDLE TYPE ROTARY HARROW

Аннотация: данная статья рассматривает различные конфигурации борон, их достоинства и недостатки. Также описывается устройство и технологический процесс работы.

Abstract: this article examines various harrow configurations, their advantages and disadvantages. The device and technological process are also described.

Ключевые слова: энергозатраты, технологии, ротационный рабочий орган, борона, почвообрабатывающее орудие.

Keywords: energy consumption, technologies, rotary working body, harrow, tillage tool.

Введение. В настоящее время всё большую популярность приобретают энерго-ресурсосберегающие технологии [2]. Одной из разновидностей таких технологий является современная технология обработки почвы «Mini-Till», которая позволяет обрабатывать почву не традиционным (механическим) способом, а мульчированием (укрывая почву измельченными остатками растительных культур) [2].

Цель. Целью данной работы является совершенствование технологического процесса обработки почвы с помощью ротационной бороны игольчатого типа.

Задачи. Разработать рабочий орган ротационной бороны игольчатого типа.

Назначением технологического процесса работы игольчатой бороны является разрыхление поверхностного слоя почвы и уничтожение всходов сорняков. Происходит прокалывание поверхностного слоя почвы, тем самым происходит насыщение почвы кислородом и почвенной влагой.

Для того, чтобы осуществлять междурядную обработку путем обеспечения быстрого перевода рабочих органов из состояния «актив» в состояние «пассив», либо вообще частично их отключить, существуют различные конструкции ротационных борон [1,3,4]. Рассмотрим некоторые из них.

На рисунке 1 показана схема рабочего ротационного органа почвообрабатывающей машины [1,3,4].

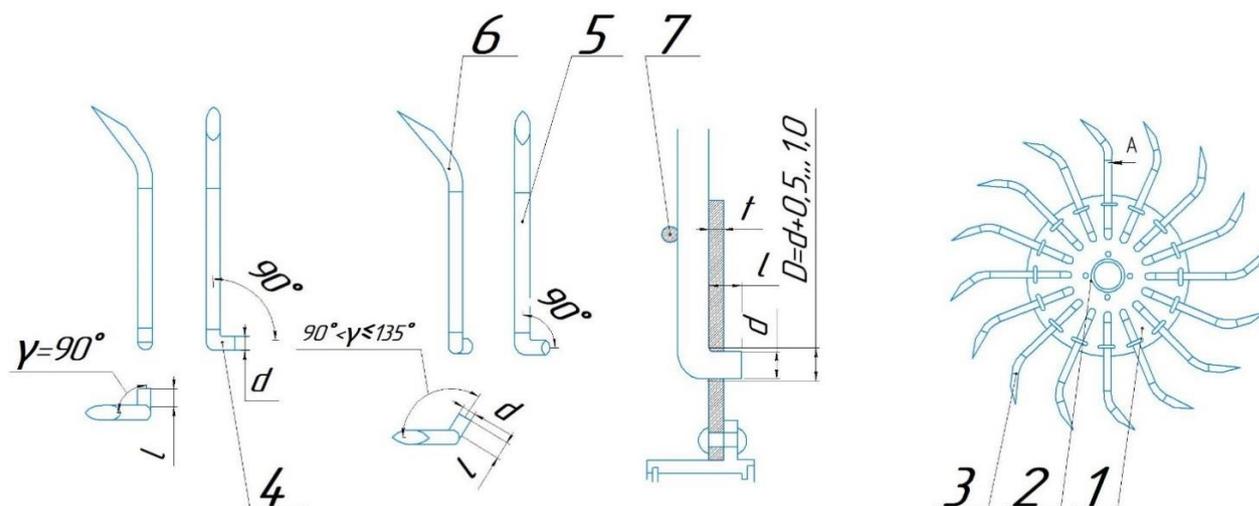


Рисунок 1 - Ротационный орган почвообрабатывающего орудия

Ротационный орган почвообрабатывающего орудия состоит из: диск - 1, ступица - 2, закрепленные на иглы - 3, колено - 4, стержень - 5, рабочая часть иглы - 6, хомут - 7.

Рассмотрим преимущества данного орудия. Снижение затрат энергии достигается за счёт того, что идёт расположение рабочих элементов в шахматном порядке перпендикулярно направлению перемещения почвообрабатывающего агрегата.

Рассмотрев устройство и принцип работы ротационного органа почвообрабатывающего орудия были выявлены недостатки. Иглы не позволяют удалять сорные растения с развитой корневой системой. При этом расположение игл по одной оси позволяет производить прокалывание почвы только узкой лентой на ширину этих игл. Возможен повышенный износ кончиков игл.

Из-за конфигурации данных приводных батарей игольчатых дисков высока вероятность забивания почвой и растительными остатками. Кроме того, велика вероятность повышенных энергозатрат и не в полной мере удовлетворительное качество обработки почвы.

Методы и результаты исследования. Прочностной расчет ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами с помощью системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D.

Предлагаемая конструкция позволяет выполнить обработку узкой ленты почвы. При этом снижаются энергетические затраты, так как не происходит выноса влажных слоев почвы на поверхность и повышается качество обработки почвы.

На рисунке 2 представлен предложенный модернизированный вариант ротационного рабочего органа бороны.

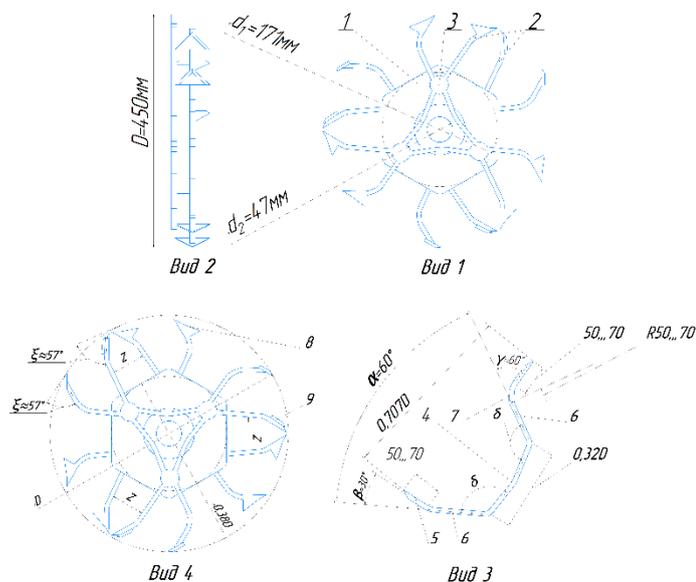


Рисунок 2 - Модернизированный вариант ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами

Конструктивно-технологические параметры бороны ротационной игольчатой с мини-культиваторами. Вид 1: $d_1=171$ мм, $d_2=47$ мм. Вид 2: $D=450$ мм. в соответствии с игольчатой бороной для выполнения технологической операции по поверхностной обработке почвы [1,3,4].

Вид 1 и 4 представляет бороны с торцевой стороны, вид 2 представляет внешний вид предлагаемой ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами почвообрабатывающего орудия (вид сбоку) - разрез А-А, Вид 3 - игла предложенного ротационного рабочего органа.

В дальнейших исследованиях рассматривается проведение прочностных расчетов системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D. Следует установить работоспособность разрабатываемой ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами. Для этого произведем прочностной расчет ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами с помощью системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D.

На рисунке 3 представлена 3d - модель ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами выполненная в программе КОМПАС 3D.

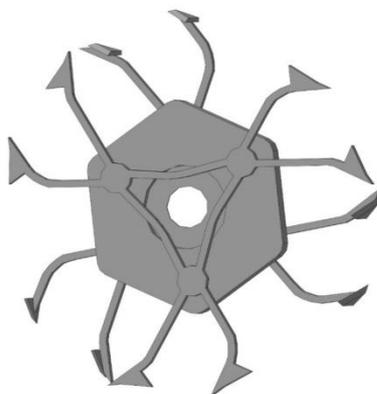


Рисунок 3 - 3d - модель ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами

На рисунке 3.1 представлено окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – характеристики модели.

Предел текучести [МПа]	235
Модуль упругости нормальный [МПа]	200000
Коэффициент Пуассона	0.3
Плотность [кг/м ³]	7800
Температурный коэффициент линейного расширения [1/С]	0.000012
Теплопроводность [Вт/(м*С)]	55
Предел прочности при сжатии [МПа]	410
Предел выносливости при растяжении [МПа]	209
Предел выносливости при кручении [МПа]	139

Рисунок 3.1 - Окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – характеристики модели

На рисунке 3.2 представлено окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – конечно-элементная сетка с результатом разбиения.

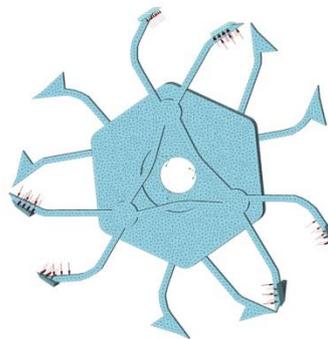


Рисунок 3.2 - Окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – конечно-элементная сетка с результатом разбиения

Количество конечных элементов составило 40869, количество узлов 12367, коэффициент разрежения в объеме 1,5.

Рассмотрим результаты статического расчета. На рисунке 3.3 представлено окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – эквивалентное напряжение по Мизесу.

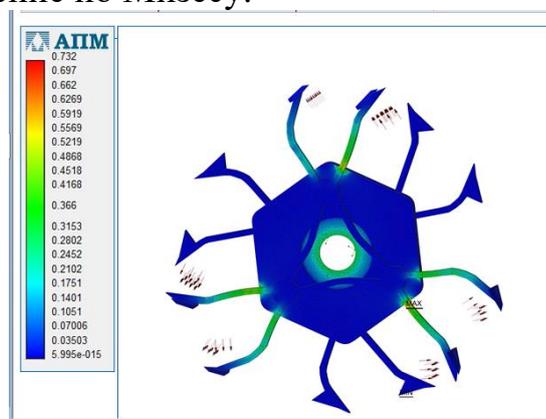


Рисунок 3.3 - Окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – эквивалентное напряжение по Мизесу

В соответствии с расчетными данными эквивалентное напряжение по Мизесу составило: $\min = 0$ МПа, $\max = 0,732$ МПа. Наибольшее напряжение наблюдается на стойках мини-культиватора в местах крепления (сварки). Соответственно необходимо в этих местах предусмотреть утолщение металла.

На рисунке 3.4 представлено окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – суммарное линейное перемещение.

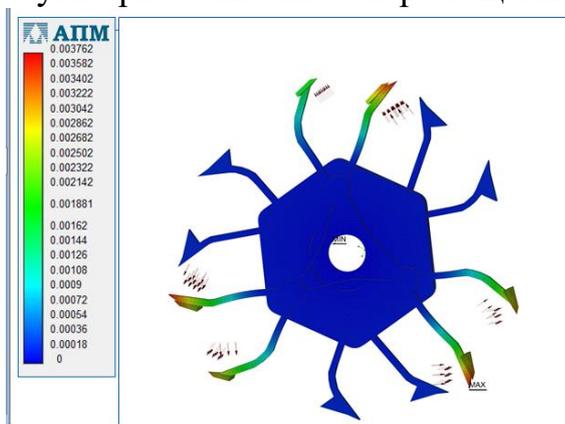


Рисунок 3.4 - Окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – суммарное линейное перемещение

В соответствии с расчетными данными суммарное линейное перемещение составило: $\min = 0$ мм, $\max = 0,003762$ мм.

На рисунке 3.5 представлено окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – коэффициент запаса по текучести.

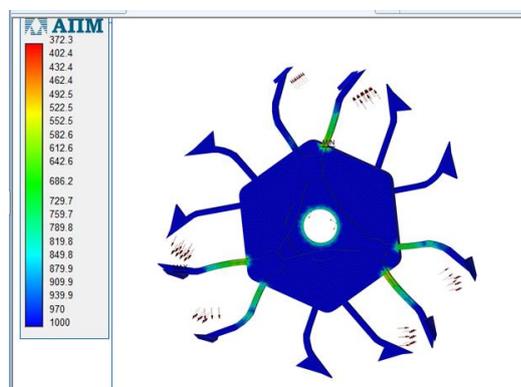


Рисунок 3.5 - Окно системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D – коэффициент запаса по текучести

В соответствии с расчетными данными коэффициент запаса по текучести составил: $\min = 372$, $\max = 1000$.

Прочностные расчеты системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D показывают, что предположенная конструкция ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами приложенные нагрузки выдерживает и вполне работоспособна.

Устройство и принцип работы. Конструктивно-технологические параметры ($\beta=30^\circ$, $\gamma=60^\circ$, $\alpha=60^\circ$, $\delta = 120...140^\circ$, $\varepsilon \approx 57^\circ$) ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами были приняты исходя из взятого прототипа (патент РФ № 2643823. Ротационный рабочий орган почвообрабатывающего орудия /

Несмиян А.Ю., Еременко Я.В., кулаков А.К., Хижняк В.И.– Оpubл. 06.02.2016; Бюл. № 4.) [1,3,4,6] по типу базовой ротационной бороны-мотыги БМР-8,7.

В исследованиях Ковалева М.М., Шевчука В.В. рассмотрено взаимодействие бороны с поверхностью почвы. Анализ качения ротационного рабочего органа бороны с мини-культиваторами при движении агрегата представлен на рисунке 4.

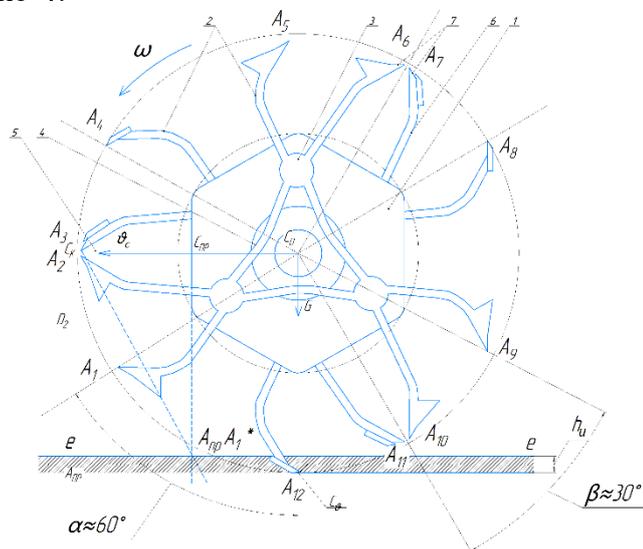


Рисунок 4 - Движущийся по почве диск бороны с мини-культиваторами

На рисунке 5 представлены последовательные положения диска ротационной бороны игольчатой без мини-культиваторов по аналогии с иглами игольчатой бороны.

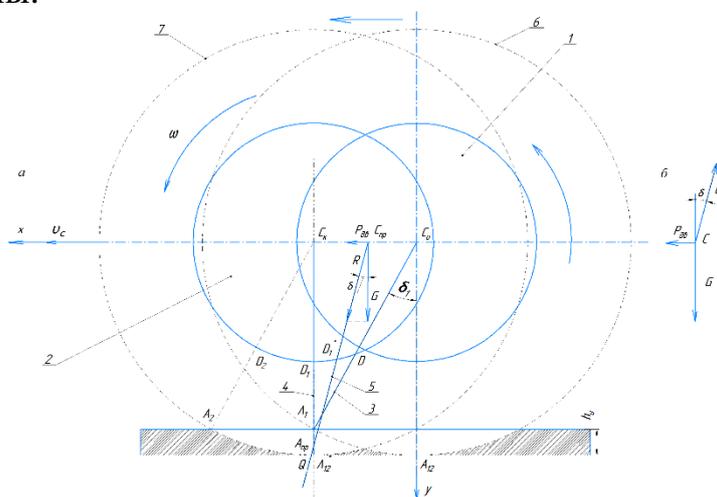


Рисунок 5 - Последовательные положения диска бороны ротационной бороны игольчатой без мини-культиваторов при движении бороны в почву

Рассмотрим силы действующие на игольчатую борону с отличительными особенностями движущей силы.

На основе исследований Ковалева М.М., Шевчука В.В. приведем уточненную формулу внедрения мини-культиваторами при движении бороны в почву.

Исходя из рисунка 4, путь x_{Π} центра C_0 диска бороны при его перемещении для совершения микроотверстий в почве равен:

$$X_{\Pi} = r_{\text{д}} \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где $r_{\text{д}}$ – радиус диска с мини-культиваторами [4,6].

Так как почвообрабатывающее орудие перемещается равномерно, т.е. ускорение принимаем 0. Силы действующие на борону уравниваются. Тогда сила $P_{\text{дв}}$ равна (см. чертёж 3.2, б):

$$P_{\text{дв}} = Q \cdot \sin \delta, \quad (2)$$

Сила Q зависит от глубины обработки почвы $\lambda_{\text{к}}$ мини-культиваторов. Согласно исследованиями проведенные учеными Q зависит от $\lambda_{\text{к}}$ следующим образом [4,6]:

$$Q = k \cdot \lambda_{\text{к}}, \quad (3)$$

где k – коэффициент.

При $\lambda_{\text{к}} = 0$, Q равно нулю; тогда и сила $P_{\text{дв}}$ также равна нулю [4,6].

Мини-культиватор в нижней части при нахождении в почве производит подрезания сорной растительности. Этот процесс повышает качество обработки почвы и уничтожения всходов сорняков.

Представленное исследование выполнено для случая, когда окружность, по которой расположены диск с 12 мини-культиваторами, делится на 10 частей [6]. В этом случае наибольшая глубина $h_{\text{и}}$ погружения мини-культиваторов в почву равна $A_1 A_{12}^*$, что для среднесуглинистого механического состава почвы не должно превышать 4 - 6 см. Данная величина может варьироваться в зависимости от почвенно-климатических условий, рассчитывается как:

$$h_{\text{и}} = r_{\text{д}} - C_{\text{к}} A_1 = r_{\text{д}} - r_{\text{д}} \cdot \cos \alpha = r_{\text{д}} \cdot (1 - \cos \alpha), \quad (4)$$

где $r_{\text{д}}$ – радиус диска бороны с мини-культиваторами.

Выводы. Предложенная конструкция ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами имеет существенные отличия и большую эффективность по качеству обработки почвы. Выполнение мини-культиваторов с обеих сторон диска навстречу друг другу, способствует повышению эффективности работы данного усовершенствованного варианта бороны в целом. Предлагаемая конструкция позволяет выполнить обработку более широкой ленты почвы. При этом снижаются энергетические затраты, так как не происходит выноса влажных слоев почвы на поверхность и повышается качество обработки почвы и обеспечивается дополнительное рыхление почвенной корки на тяжелых почвах с одновременным подрезанием сорняков.

Прочностные расчеты системы прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D показывают, что предложенная конструкция ротационной бороны игольчатой с мини-культиваторами приложенные нагрузки выдерживает и вполне работоспособна.

Применение предлагаемой конструкции в хозяйственных условиях возможно при ресурсосберегающих технологиях.

Библиографический список

1. Бледных, Василий Васильевич (1938-2017.). Почвообрабатывающие машины. Теория, конструкция и расчет [Текст]: [монография] / В. В. Бледных, П. Г. Свечников; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Департамент науч.-технологической политики и образования, ФГБОУ ВПО "Челябинская гос. агроинженерная акад.". - Челябинск: ЧГАА, 2015. - 290 с.

2. Фархутдинов, И.М. Экспериментальная посевная секция сеялки для посева по нулевой технологии /Гареев Р.Т., Фархутдинов И.М., Юсупов Р.Ф., Мухаметдинов А.М.// В сборнике: Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет. 2014. С. 16-21.

3. Пат. РФ № 2643823. Ротационный рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Несмиян А.Ю., Еременко Я.В., Кулаков А.К., Хижняк В.И.– Оpubл. 06.02.2016; Бюл. № 4.

4. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

5. Ковалев, М.М. Теоретические основы воздействия игл игольчатой бороны на почву /Ковалев М.М., Прокофьев С.В., Фадеев В.Г., Кондрашов В.А.// Техника и оборудование для села. 2017. № 1. С. 12-15.

6. Шевчук, В.В. Анализ качения игл игольчатой бороны по почве и действующих на них сил /Шевчук В.В.// Сільськогосподарські машини. 2013. № 26. С. 144-150.

Сведения об авторах

1. Мухаметдинов Айрат Мидхатович – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных и технологических машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34., тел.: 8(937)4836195, e-mail:airat102@mail.ru

2. Нелюбина Ирина Александровна – обучающийся механического факультета, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34., тел. 89063752297, e-mail: irina.neliubina2014@gmail.com.

Authors' personal details

1. Muhamedinov Airat Midhatovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the departments of agricultural and technological machines, FGBOU VO Bashkir State University, Ufa, ul. 50th anniversary of October, 34., phone: 8 (937) 4836195, e-mail: airat102@mail.ru

2. Nelyubina Irina Alexandrovna - student of the faculty of mechanics,- FGBOU VO Bashkir State University, Ufa, ul. 50th anniversary of October, 34, phone: 89063752297, e-mail: irina.neliubina2014@gmail.com.