

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный аграрный университет»

Инженерный факультет

Кафедра «Механизация технологий производства АПК»  
Иллюстративный материал к докладу

по выпускной квалификационной работе

(Дипломной работе) на тему:

«Повышение эффективности посева сельскохозяйственных культур совершенствованием высевающей системы сеялки

СЗ-5,4»

**направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия  
направленность (профиль) Технические системы в  
агробизнесе**

**Выполнил:** Амиров Дамир Адельшаевич

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент Черняков А.А.

**Руководитель ВКР:** канд. техн. наук, доцент Шуков А.В.

- **Цель исследований** – Повышение эффективности посева сельскохозяйственных культур совершенствованием высевающей системы сеялки СЗ-5,4..
- **Задачи исследований:**
  1. Разработка конструктивной схемы, программы и методики экспериментальных исследований высевающего аппарата, с наклоном желобков катушки и обработка результатов экспериментальных исследований;
  2. Совершенствование конструкции высевающего аппарата, с наклоном желобков катушки и расчет его параметров;
  3. Разработка операционно-технологической карты на посев а также мероприятий по техническому обслуживанию зерновой сеялки;
  4. Расчет показателей экономической эффективности применения сеялки оснащенной высевающими аппаратами, с наклоном желобков катушек.
- **Объект исследований** – технологический процесс работы экспериментального катушечного высевающего аппарата зерновой сеялки с наклоном желобков катушки..
- **Предмет исследований** – оценочные показатели качества посева семян зерновых культур, конструктивные и режимные параметры катушечного высевающего аппарата зерновой сеялки с наклоном желобков катушки для посева зерновых культур.

# Обзор существующих машин для посева зерновых культур



*Общий вид зернотравяная сеялки СЗТ-3,6А*



*Почвообрабатывающий  
посевной агрегат*



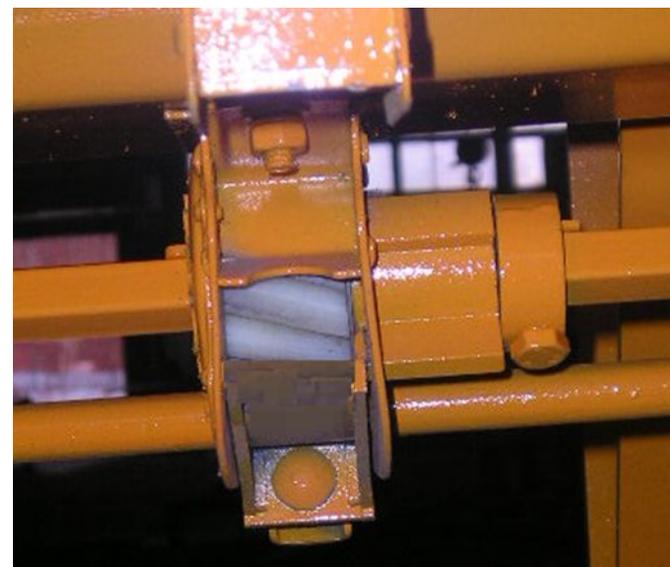
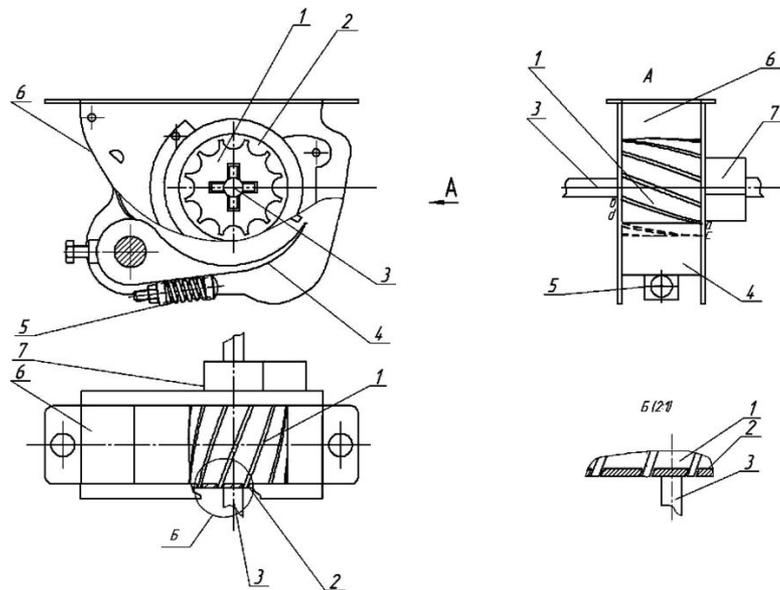
*Общий вид универсальной сеялки ULTIMA*



*Общий вид сеялки Citan  
12001C*



# Описание предлагаемого средства механизации высева семян зерновых культур



*Схема высевающего аппарата  
оснащенного катушкой с  
наклоном желобков:  
1 – катушка с  
винтовыми желобками;  
2 – розетка;  
3 – вал высевающего аппарата;  
4 – клапан;  
5 – регулировочный болт;  
6 – семенная коробка;  
7 – муфта*

*Общий вид высевающего аппарата,  
с наклоном желобков катушки для  
зерновой сеялки*

## *Программа и методика исследования рабочего процесса высева семян экспериментальным высевающим аппаратом*

Цель экспериментальных исследований - определение оптимальных конструктивных и режимных параметров высевающего аппарата, с наклоном желобков катушки. Исходными данными для разработки программы исследований послужили задачи исследований.

Исследование высевающего аппарата, с наклоном желобков катушки для определения оптимальных конструктивных и режимных параметров обеспечивающих наилучшее распределение семян по длине ряда и снижение неустойчивости общего высева.

Нахождение угла наклона желобков катушки, угла наклона торцевой части клапана , высоты расположения обреза торцевой части клапана , обеспечивающих снижение неустойчивости общего высева.

Объект исследований - технологический процесс высева семян зерновых культур.

Предметом исследований служили закономерности, условия и режимы высева семян зерновых культур экспериментальным высевающим аппаратом.

Качество высева семян зерновых культур зависит от многих факторов. Именно поэтому лабораторные исследования проводились с применением методики планирования многофакторного эксперимента. При планировании эксперимента в первую очередь выбирается критерий оптимизации, то есть параметр, по которому оценивается исследуемый объект и который связывает факторы в математическую модель. За критерии оптимальности процесса высева семян принимали неустойчивость общего высева.

# Методика исследований

## Матрица планирования отсеивающих экспериментов



Общий вид лабораторной установки для исследования высевающего аппарата с наклоном желобков катушки

Факторы, влияющие на неустойчивость общего высева

Обозначение	Наименование факторов	Уровни варьирования	
		-1	+1
$X_1$	Угол наклона желобков катушки, град	18	22
$X_2$	Частота вращения катушки, об/мин.	25	35
$X_3$	Длина рабочей части катушки, мм.	30	34
$X_4$	Высота расположения обреза торцевой части клапана, мм.	12,5	17,5
$X_5$	Жесткость пружины клапана, Н/М	4	6
$X_6$	Угол наклона торцевой части клапана, град	60	120
$X_7$	Поступательная скорость посевной секции, м/с	1,5	2,5
$X_8$	Вылет клапана, мм.	95	105

№ опыта	Факторы $\alpha$								Параметр оптимизации $\alpha$		
	$X_1\alpha$	$X_2\alpha$	$X_3\alpha$	$X_4\alpha$	$X_5\alpha$	$X_6\alpha$	$X_7\alpha$	$X_8\alpha$	$\bar{y}\alpha$	$\bar{f}_1\alpha$	$\bar{f}_2\alpha$
1 $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	2,24 $\alpha$	2,4 $\alpha$	3,35 $\alpha$
2 $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	0,45 $\alpha$	0,31 $\alpha$	1,74 $\alpha$
3 $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	4,54 $\alpha$	3,11 $\alpha$	0,36 $\alpha$				
4 $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	5,24 $\alpha$	5,4 $\alpha$	3,31 $\alpha$
5 $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	5,12 $\alpha$	4,3 $\alpha$	2,49 $\alpha$
6 $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	1,23 $\alpha$	0,44 $\alpha$	2,26 $\alpha$
7 $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	4,56 $\alpha$	3,4 $\alpha$	2,95 $\alpha$
8 $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	1,74 $\alpha$	0,8 $\alpha$	2,61 $\alpha$
9 $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	0,78 $\alpha$	1,34 $\alpha$	3,96 $\alpha$
10 $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	1,86 $\alpha$	1,35 $\alpha$	2,34 $\alpha$
11 $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	0,42 $\alpha$	1,35 $\alpha$	3,52 $\alpha$
12 $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	1,53 $\alpha$	1,02 $\alpha$	0,8 $\alpha$
13 $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	5,34 $\alpha$	0,13 $\alpha$	0,54 $\alpha$
14 $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	1,89 $\alpha$	2,23 $\alpha$	3,55 $\alpha$
15 $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	+ $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	- $\alpha$	5,34 $\alpha$	0,13 $\alpha$	0,54 $\alpha$

## *Результаты экспериментальных исследований*

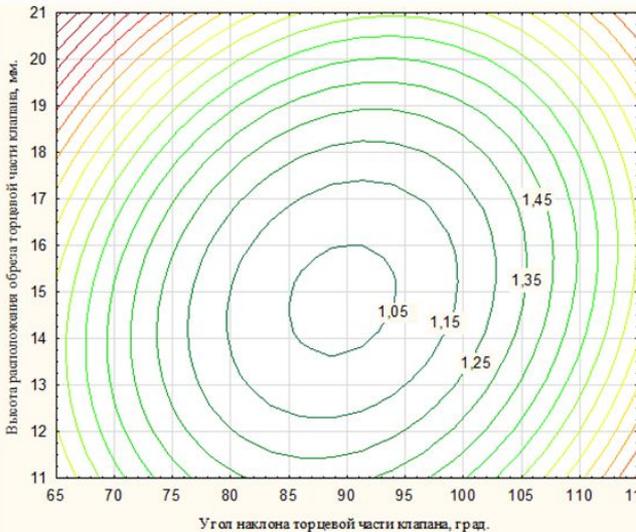
После обработки результатов многофакторного эксперимента получили адекватную математическую модель второго порядка при  $R = 0,988$  и  $F_{\text{тест}} = 0,985$ , описывающую зависимость в закодированном виде:

$$y = 1,01 - 0,018x_1 - 0,028x_2 + 0,046x_3 + 0,082x_1^2 + 0,077x_2^2 + 0,096x_3^2 - 0,027x_1x_2 - 0,037x_1x_3 + 0,039x_2x_3$$

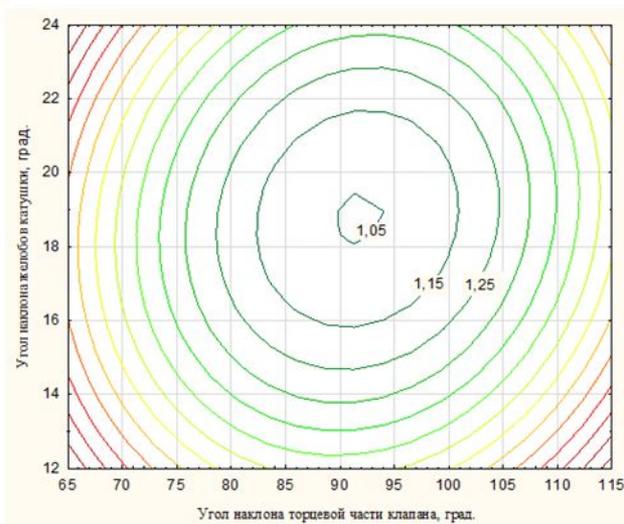
Математическая зависимость неустойчивости общего высева от конструктивных и режимных параметров высевающего аппарата в раскодированном виде будет иметь вид

$$Y = 4,684 - 0,025\beta - 0,124\alpha - 0,175h + 0,001\beta^2 + 0,003\alpha^2 + 0,006h^2 - 0,001\beta\alpha - 0,001\beta h + 0,002\alpha h$$

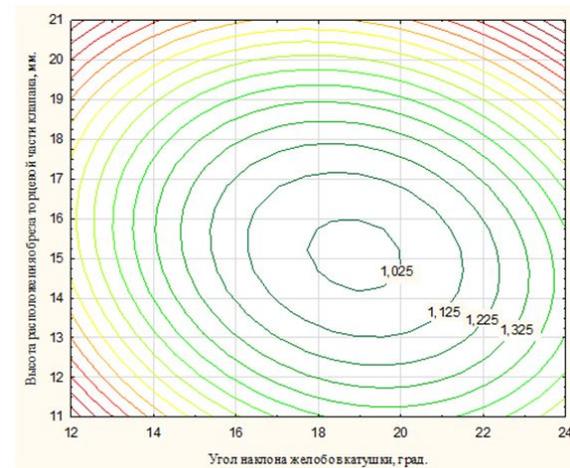
# Двумерные поверхности отклика



*Двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева, от угла наклона торцевой части клапана и высоты расположения обреза торцевой части клапана*



*Двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева, от угла наклона торцевой части клапана и угла наклона желобков катушки*



*Двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева от угла наклона желобков катушки и высоты расположения обреза торцевой части клапана*

Угол наклона торцевой части клапана 85-94 град.,  
Угол наклона желобков катушки 17,9-20 град.,  
Высота расположения обреза торцевой части клапана 14,2-16мм

# Определение рабочего объема катушки с наклоном желобков

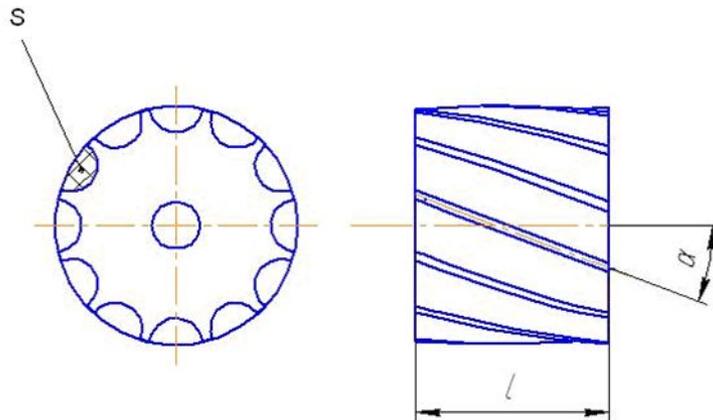


Схема катушки с наклоном желобков

Определяем количество семян, высеваемых при одном полном обороте катушки.

При полном обороте колеса, когда сеялка передвинется на расстояние  $\pi \cdot D$ , каждой катушкой будет высеяно  $m_1 \cdot \pi \cdot D$  или  $\mu_1 \cdot \pi \cdot D$ .

Количество семян, высеваемых винтовой катушкой при одном полном обороте её, будет:

$$m_0 = \frac{m_1 \cdot \pi \cdot D}{i} = \frac{M \cdot a \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot i}, \mu_0 = \frac{\mu_1 \cdot \pi \cdot D}{i} = \frac{M \cdot a \cdot \pi \cdot D}{i \cdot \delta},$$

где  $M$  – норма высева  $кг/га$ ;  $a$  – размер междурядья,  $м$ ;  $D$  – диаметр ходового колеса,  $м$ ;

$\delta$  – средний индивидуальный вес 1000 семян,  $г$ ;  $i$  – передаточное отношение от вала высевающего аппарата на ходового колеса,  $i = \frac{n_{кат}}{n_{кол}}$ ;

$n_{кат}$  – частота вращения винтовой катушки,  $мин^{-1}$ ;

$n_{кол}$  – частота вращения колеса сеялки,  $мин^{-1}$ ;

$\mu_1$  – количество семян, высеянных при одном полном обороте катушки, шт. на 1 оборот катушки;

$m_1$  – количество семян, выбрасываемых на каждый погонный метр бороздки, при заданной норме,  $шт.$

# Определение частоты вращения катушки

Уравнения движения точки М можно записать в виде [ ]:

$$m \cdot R_v \cdot \ddot{\varphi} = -m \cdot g \cdot \sin \varphi - f \cdot N,$$

$$m \cdot R_v \cdot \dot{\varphi}^2 = -m \cdot g \cdot \cos \varphi + N.$$

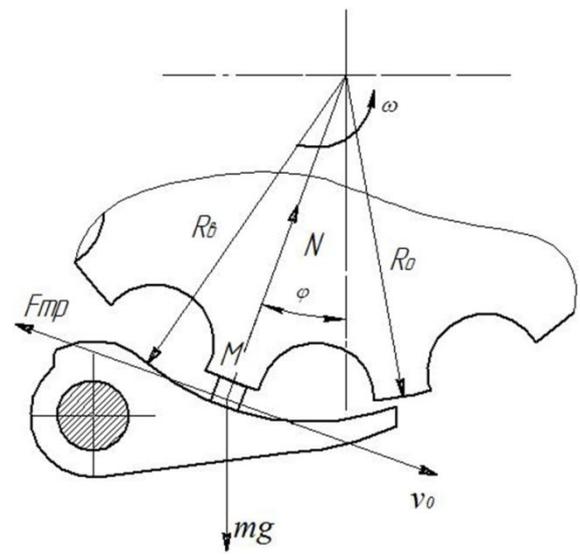
где  $m$  – масса семени, кг;

$R_v$  – радиус кривизны рабочей поверхности клапана, мм  $R_v = 250$

$\varphi$  – угол поворота точки М относительно оси катушки, град;

$f$  – коэффициент трения семени о поверхность клапана  $f = 0,33$ ;

$N$  – реакция семени от поверхности клапана, Н.



## Схема для определения начальной скорости семени на клапане

$$v_o \geq \sqrt{\frac{gR_v}{1+4f^2} [2(1-2f^2) + 3 \exp\{2 \cdot f \cdot \pi\}]}$$

Найдем окружную скорость движения катушки высевающ аппарата.

$$\omega \geq \frac{\sqrt{\frac{gR_v}{1+4f^2} [2(1-2f^2) + 3 \exp\{2 \cdot f \cdot \pi\}]}}{R_o}$$

где  $R_o$  – радиус катушки, мм ( $R_o = 51$  мм).

Найдем частоту вращения катушки высевающего аппарата.

$$n \geq \frac{\sqrt{\frac{gR_v}{1+4f^2} [2(1-2f^2) + 3 \exp\{2 \cdot f \cdot \pi\}]}}{\pi \cdot R_o} \cdot 30$$

# Операционно-технологическая карта на посев зерновых культур

Наименование показателей	Значение	Рисунки, схемы
<p>1. Условия работы</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-площадь поля, га</li> <li>-длина гона, м</li> <li>-тип почвы</li> <li>-средний уклон местности, град</li> <li>-удельное сопротивление, кН/м</li> </ul>	<p>240 1800 черноземные 5 2,0</p>	<p>Схема агрегат</p>
<p>2. Агротехнические требования к посеву</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубина, см</li> <li>-скорость обработки, км/ч</li> </ul>	<p>3.5 6.12</p>	
<p>3. Состав агрегата и подготовка его к работе</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-состав агрегата</li> <li>-энергосредство</li> <li>-сельхозмашина</li> <li>-количество сельхозмашин</li> <li>-сцепка</li> <li>-технологическая наладка</li> </ul> <p>добавят давление шин сеялки до 0,2-0,24 МПа давление колес трактора передних 0,1 МПа задних 0,08 МПа</p>	<p>МТЗ-82 СЗ-5,4 1</p>	
<p>4. Подготовка и разбивка поля</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-ширина загона, м</li> <li>-число загонов на поле</li> <li>-ширина поворотных полос, м</li> <li>-способ движения агрегата</li> <li>-коэффициент рабочих ходов</li> </ul>	<p>42,7 23 21,35 четночный 0,97</p>	<p>Схема разбивки поля и движения агрегата</p>
<p>5. Организация и показатели работы агрегата</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-рабочая скорость, км/ч</li> <li>-скорость на поворотах, км/ч</li> <li>-сменная производительность, га</li> <li>-расход топлива на единицу работы, л</li> <li>-затраты труда на единицу работы, чел-ч</li> <li>-удельные денежные затраты, руб./га.</li> </ul>	<p>6,7 5 30,2 - - -</p>	<p>Контроль качества</p>
<p>6. Контроль качества работы</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-неравномерность распределения семян по глубине, см</li> <li>-Неустойчивость общего высева, %</li> <li>Глубину заделки семян зерновых культур.</li> </ul>	<p>±1 не более 3 5-6</p>	

# Мероприятия по ТО

Вид ТО	Операции	Применяемые материалы
Ежесменное техническое обслуживание (ЕТО)	очистка машины от грязи и растительных остатков	
	очистка ящиков от остатков зерна и удобрений	
	проверка надежности всех креплений и подтяжка	Набор гаечных комбинированных ключей ЗУБР ПРОФИ
	проверка натяжения цепей	Набор гаечных комбинированных ключей ЗУБР ПРОФИ
	осмотр механизмов и других частей сеялки и устранение замеченных неисправностей	
	провести смазку подшипников	Фиол
	провести смазку цепей	циатим 221
Послесезонное техническое обслуживание (ПТО)	разборку передаточных механизмов (редукторов и других механизмов)	Набор гаечных комбинированных ключей ЗУБР ПРОФИ
	очистку деталей и промывку их в керосине или дизельном топливе	
	замену изношенных или деформированных деталей новыми и сборку механизмов	Набор гаечных комбинированных ключей ЗУБР ПРОФИ
	частичную разборку разобщителя и обгонных муфт, а также автоматов подъема (сеялки прежних выпусков)	
	осмотр сошников и при необходимости разборку и замену изношенных деталей	Набор гаечных комбинированных ключей ЗУБР ПРОФИ
	осмотр высевающих аппаратов, семяпроводов и лотков и устранение всех неисправностей	Набор гаечных комбинированных ключей ЗУБР ПРОФИ

## Экономическая эффективность применения экспериментального высевающего аппарата

Показатели	Посев	
	Существующая	Разработанная
Площадь обработки, га	300	300
Дополнительные капвложения, руб.	-	916320
Прямые эксплуатационные затраты на 1 га, руб.	21273,63	21301,36
Снижение эксплуатационных затрат, %	-	-0,13
Урожайность зерновых культур, ц.	25,3	25,5
Стоимость прибавки урожая, руб.	-	540000
Приведенные затраты, руб.	23474,49	23504,99
Годовой экономический эффект	-	-9150
Годовая экономия с учетом дополнительной продукции, руб.	-	530850
Срок окупаемости капиталовложений, лет	-	1,55

### Заключение

1. Анализ известных (конструкций) высевяющих аппаратов для посева семян зерновых культур, применяемых на серийных образцах сеялок, показал, что конструкция высевяющих аппаратов, применяемая в настоящее время, не удовлетворяет агротехническим требованиям по качеству высева, при этом неравномерность распределения семян зерновых культур по площади питания высока, это приводит к снижению урожайности. На основе проведенного анализа предложена конструктивно-технологическая схема и конструкция высевяющего аппарата, отличительными признаками, которых являются катушка с наклоном желобков.

2. Теоретическими исследованиями установлены аналитические зависимости для определения конструктивных и режимных параметров высевяющего аппарата с наклоном желобков катушки.

3. При проведении лабораторных исследований разработан и изготовлен опытный образец высевяющего аппарата с наклоном желобков катушки и определены оптимальные значения конструктивных и режимных параметров. В результате проведения лабораторных исследований определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на неустойчивость общего высева: угол наклона торцевой части клапана  $\beta = 85 \dots 94$  град., угол наклона желобков катушки  $\alpha = 17,9 \dots 20,0$  град., высота расположения обреза торцевой части клапана  $h = 14,2 \dots 16,0$  мм.

Технологический процесс посева зерновых культур полностью соответствует типовым операционным технологиям. Экономические расчеты подтверждают целесообразность модернизации и внедрения сеялки СЗ-5,4. Срок его окупаемости составляет 1,55 года.

Доклад окончен,  
Спасибо за внимание