

УДК 621.01

Купряшкин В. Ф., *к.т.н., доцент, заведующий кафедрой мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин*

им. профессора А. И Лецанкина, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва»

Шляпников М. Г., *аспирант кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин им. профессора А. И Лецанкина, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва»*

Чаткин М.Н., *д.т.н., профессор, кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин им. профессора А. И Лецанкина, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва».*

Уланов А. С., *преподаватель кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин им. профессора А. И Лецанкина, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва»*

Купряшкин В.В., *магистрант кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин им. профессора А. И Лецанкина, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва»*

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ КАТУШЕЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с проведением эксперимента высевających аппаратов зерновой сеялки. Для оптимизации работ по проведению экспериментальных исследований производительности зерновой сеялки были разработаны методики с использованием современных методов планирования эксперимента.

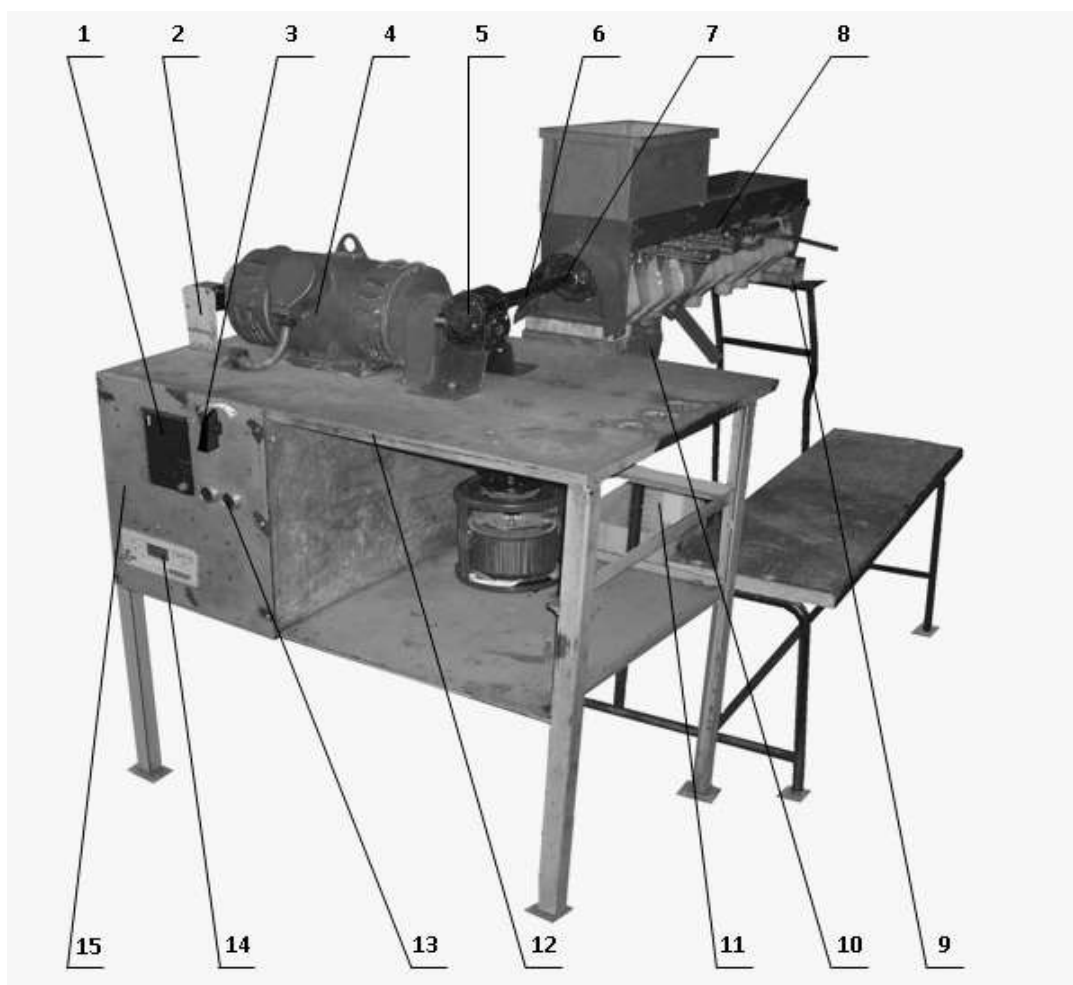
Ключевые слова: стенд, эксперимент, зерновая сеялка, высевающий аппарат.

Annotation. In this article the questions connected with carrying out experiment of sowing devices of a grain seeder are considered. To optimize the work on the experimental studies of grain seeder productivity, methods were developed using modern methods of experiment planning.

Keywords: stand, experiment, grain seeder, seeding apparatus.

Роль экспериментальных исследований в развитии науки и техники очень велика, так, как только эксперимент является единственным надежным способом решения поставленных задач. [1, 3].

Так на основании этого, для исследования работы зернового высевающего аппарата был разработан и создан экспериментальный стенд. На рисунке 1 показан его общий вид и в таблице 1 представлена его техническая характеристика. Все составные части стенда смонтированы на двух рамах (столах), которые связаны между собой при помощи болтового соединения.



1 – выключатель электрического питания стенда; 2 – датчик числа оборотов электродвигателя; 3 – ручка управления скорости вращения вала двигателя; 4 – электродвигатель; 5 – червячный редуктор; 6 – промежуточный вал; 7 – соединительная цепная муфта; 8 – рабочая секция высевающего зернового (тукового) аппарата; 9 – рама рабочей секции высевающего аппарата; 10 – семяпроводы; 11 – ящик для сбора контрольного посевного материала; 12 – рабочий стол стенда; 13 - кнопки управления электропитанием двигателя; 14 – счетчик частоты вращения (количества оборотов) вала двигателя ТЭМП – 4; 15 – блок управления стендом

Рисунок 1 – Общий вид стенда для исследования работы зернового и тукового высевающих аппаратов сеялки

Механизм привода станда включает в себя электрический двигатель постоянного тока 4, червячный редуктор 5 промежуточный вал и соединительные муфты 7.

Главной особенностью привода является возможность обеспечить при помощи блока управления переменных режимов работы двигателя, а именно возможность регулирования частоты вращения вала двигателя и, следовательно, приводного вала с расположенными на нем рабочими органами (катушками) секции высевающего аппарата 8.

В состав блока управления стандом входят выключатель электрического питания станда 1, датчик числа оборотов электродвигателя 2, ручка управления скорости вращения вала двигателя 3, счетчик 14 частоты вращения (количества оборотов) вала двигателя ТЭМП – 4 и кнопки управления электропитанием двигателя 13. Блок управления позволяет обеспечивать устойчивую работу двигателя при различной частоте вращения его вала.

Кроме выше перечисленного в комплектацию станда входят защитные щитки, закрывающие вращающиеся подвижные элементы привода, ящик для сбора контрольного посевного материала и управляемые семяпроводы, которые позволяют обеспечить сбор в ящик только тот объем посевного материала, который высеивается катушками в период установившегося режима работы привода.

Для оптимизации работ по проведению экспериментальных исследований производительности зернового высевающего аппарата возникает необходимость разработки методики их проведения. Для чего были использованы современные методы планирования эксперимента [1, 2, 5].

Таблица 1 - Основные технические характеристики экспериментального станда

Наименование характеристики		Единица измерения	Значение
1	Тип	Испытательный	–
2	Привод	Электрический	–
3	Мощность двигателя	кВт	1,5
4	Частота вращения вала двигателя	мин ⁻¹	0...4000
5	Передаточное число редуктора	–	20
6	Частота вращения приводного вала высевающего аппарата	мин ⁻¹	0...200
7	Габаритные размеры:	мм	
	длина		1800
	ширина		1100
	высота		1250

Эта методика излагается в соответствии с алгоритмом, составленным на основе имеющихся рекомендаций.

Целью экспериментального исследования производительности является построение математической модели зависимости производительности от частоты вращения приводного вала рабочих органов (катушек) высевающего аппарата и длины вылета катушек, следовательно, это идентифицирующий двухфакторный эксперимент. В качестве варьируемых факторов выбраны частота вращения катушки n_k (мин^{-1}) и длина ее вылета l_k (мм). [2, 4].

Следующий этап планирования включает выбор математической модели и тип плана для ее реализации. Экспериментальные исследования проводим в предположении нелинейной зависимости производительности катушки от частоты вращения и длины ее вылета. Поэтому в качестве исходной модели функции отклика был выбран полином второго порядка.

$$y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_{12}x_1x_2 + B_{11}x_1^2 + B_{22}x_2^2, \quad (1)$$

где x_1 и x_2 – варьируемые факторы; $B_0, B_1, B_2, B_{12}, B_{11}, B_{22}$ – постоянные коэффициенты уравнения регрессии.

Для выбора плана эксперимента в качестве критерия оптимальности был принят критерий ротатабельности и равномерности, так как данная модель строиться для предсказания значения функции отклика.

Свойство ротатабельности предполагает, что точки плана подбираются таким образом, что получаемая модель способна предсказать значения функции отклика с одинаковой точностью в любых направлениях на равных расстояниях от центра эксперимента. А при равномер-ротатабельном планировании получаемая информация постоянно остается внутри интервала $0 \leq \rho \leq 1$, где ρ – радиус информационного круга. Ротатабельность достигается выбором величины «звездного» плеча α , определяемого по формуле:

$$\alpha = 2^{k/4} = 2^{2/4} = 1,414, \quad (2)$$

где k – число факторов.

Униформность планирования определяется выбором числа опытов в центре плана, которое определяют из соотношения:

$$\lambda = \frac{k(n_c + n_o)}{(k + 2)n_c} < 1, \quad (3)$$

где n_o – число опытов в центре плана; $n_c = N - n_o$, где N – общее число опытов; k – число факторов.

При равномер-ротатбельном планировании для двух факторов $n_o = 5$.

С учетом значений α и n_o матрица равномер-ротатбельного планирования второго порядка для двух факторов принимает вид, представленный в таблицу 2.

Таблица 2 - Матрица равномер-ротатбельного планирования второго порядка для двух факторов

Содержание плана	№ опыта	X_0	X_1	X_2	X_{12}	X_1^2	X_2^2	Y
План типа 2^2 (Ядро)	1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y_1
	2	+1	-1	+1	-1	+1	+1	Y_2
	3	+1	+1	-1	-1	+1	+1	Y_3
	4	+1	-1	-1	+1	+1	+1	Y_4
«Звездные точки» ($\alpha = 1,414$)	5	+1	+1,414	0	0	2	0	Y_5
	6	+1	-1,414	0	0	2	0	Y_6
	7	+1	0	+1,414	0	0	2	Y_7
	8	+1	0	-1,414	0	0	2	Y_8
Нулевые точки ($n_o = 5$)	9	+1	0	0	0	0	0	Y_9
	10	+1	0	0	0	0	0	Y_{10}
	11	+1	0	0	0	0	0	Y_{11}
	12	+1	0	0	0	0	0	Y_{12}
	13	+1	0	0	0	0	0	Y_{13}

Определим области действия факторов для рассматриваемой задачи. В настоящее время, для высева зерновых культур и удобрений применяются различные посевные машины как отечественного так и зарубежного производства. При выборе частоты вращения катушек и длин их вылета учитывались соответствующие параметры механизмов высева существующих посевных машин в частности зерновой сеялки СЗ – 3,6 А, а также зерновой сеялки СУБМ – 9,0 «Мир», высевающие аппараты которой и были приняты за основу при разработке сеялки СУБМ – 3,6. Кроме того, при выборе параметров учитывались современные агротехнические требования при посеве. Таким образом, частота вращения катушки зернового высевающего аппарата лежит в интервале от 10 до 60 мин^{-1} . Данный интервал значений частоты вращения катушки позволит обеспечить нормальную работу высевающего аппарата при скорости движения посевной машины $\leq 12 \text{ км/ч}$ и передаточных отношений обеспечиваемых соответствующими коробками перемены

передач. При выборе интервала значений длины вылета катушки кроме выше перечисленного учитывались и размеры отдельных частиц посевного материала, а именно его минимальных значений. Таким образом, минимальное значение интервала длины вылета катушки определяется минимальными размерами частиц посевного материала, а максимальное значение возможностями экспериментального высевающего дозатора, т. е. принимаем $l_k = 2 \dots 35$ мм. [2, 3, 5].

Так как планируется идентифицирующий эксперимент, то целесообразно центр плана совместить с центром области действия факторов и тогда координаторами центра будут: $n_k = 25 \text{ мин}^{-1}$ и $l_k = 18,5$ мм.

Для выбора шагов варьирования ΔX_i по каждому фактору воспользуемся стандартной рекомендацией $\Delta X_i = 0,3 \dots 0,45 (X_{max} - X_{min})$. Учитывая это, в качестве ΔX_n выберем величину, равную 10 мин^{-1} , ΔX_l – величину равную 10 мм. Выбранные интервалы позволяют определить основные уровни факторов такими как, показано в таблице 3.

Таблица 3 - Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Интервалы варьирования (ΔX_i)	Величина звездно-го плеча (α_i)	Уровни факторов				
			Основной 0	Верхний +1	Нижний -1	«звездная точка» -1,414	«звездная точка» +1,414
n_k – частота вращения катушки (X_1)	10	15	25	35	15	10	40
l_k – длина вылета катушки (X_2)	10	16,5	18,5	28,5	8,5	2	35

Эксперименты реализуются отдельными сериями, количество которых определяется по известной зависимости

$$m = \frac{t^2 \sigma_M (W_i)}{(\alpha \bar{W})}, \quad (4)$$

где t - критерий Стьюдента, определяемый по таблицам в зависимости от задаваемой степени точности определения истинного значения энергоемкости; α – задаваемая вероятность ошибки.

В исследованиях было принято $m = 9$, так как при вероятности ошибки $\alpha = 0,05$, надежность результатов составляет не менее 95%, что может считаться удовлетворительным.

В пределах каждой серии порядок реализации должен быть случайным, что обеспечивает исключение системных ошибок и который определяется с помощью таблицы случайных чисел.

Таким образом, использование в идентифицирующем эксперименте для оценивания коэффициентов уравнения регрессии критерия ротатбельности и равномерности позволяет при минимальном количестве опытов получить большой объем более достоверной информации, содержащей данные о влиянии на производительность не только частоты вращения катушки и длины ее вылета, но и их взаимодействия, и претендующей на самые широкие обобщения в исследуемой области.

Библиографический список

1. Беляев Е. А. Посевные машины Е.А. Беляев. М. Россельхозиздат, 1987. - 125. с.
2. Вединяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных Г. В. Вединяпин. М. Колос, 1973.-200 с.
3. Доспехов В. А. Методика полевого опыта с основами математической обработки результатов исследований В. А. Доспехов. М. Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Кузнецов Б. Ф. Основные направления развития конструкций посевных машин Б. Ф. Кузнецов Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1980. С. 13 -14.
5. Семенов А. Н. Зерновые сеялки А. Н. Семенов М. Машгиз, 1959. - 318 с.