

УДК 631.331.001.2

UDC 631.331.001.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСЕВАЮЩЕГО
АППАРАТА ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ С
ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИЕЙ
СЕМЕННОЙ КАМЕРЫ****INVESTIGATION OF A SOWING UNIT OF
OVERPRESSURE WITH A FORCED
ENCAPSULATION OF A SEEDING CHAMBER**

Попов Антон Юрьевич

Popov Anton Yurievich.

к.т.н.

Cand.Tech.Sci.

*Азово-черноморская государственная
агроинженерная академия, г.Зерноград, Россия**Azov-Black Sea State Agroengineering Academy,
Zernograd, Russia*

В статье изложены результаты экспериментальных исследований пневматического высевающего аппарата избыточного давления с принудительной герметизацией семенной камеры при высевах семян кукурузы. Проведен анализ полученной математической модели процесса дозирования

The article presents the results of experimental investigations of pneumatic sowing unit of overpressure with a forced encapsulation of a seeding chamber when sowing corn. The analysis of a received mathematical model of dosing is given

Ключевые слова: ПОДАЧА, ЭКСПЕРИМЕНТ, ДОЗИРОВАНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ИЗБЫТОЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ, ДИАМЕТР ОТВЕРСТИЙ, ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ, СЕМЕНА, КУКУРУЗА

Keywords: FEED, EXPERIMENT, DISPENSING, MATHEMATICAL MODEL, OVERPRESSURE, DIAMETER OF HOLES, ROTATIONAL SPEED, SEEDS, CORN

Кукуруза – одна из основных культур современного мирового земледелия. На продовольствие в странах мира используется около 20% зерна кукурузы, на технические цели – 15 – 20% и примерно две трети – на корм. В зерне содержатся углеводы (65 – 70%), белок (9 – 12%), жир (4 – 8%), минеральные соли и витамины. Зерно кукурузы – ценный компонент комбикормов для животных и птиц. Как пропашная культура кукуруза является хорошим предшественником в севообороте, способствует освобождению полей от сорняков, почти не имеет общих с зерновыми культурами вредителей и болезней. [1]

Одним из факторов, определяющих получение высоких урожаев пропашных культур в целом и кукурузы в частности, является равномерность размещения растений в рядке. Так как каждое растение тем самым обеспечивается оптимальной площадью питания. В настоящее время для посева пропашных культур в отечественном сельском хозяйстве применяются сеялки с пневматическими высевающими аппаратами вакуумного типа. Но такие аппараты не в полной мере отвечают все

возрастающим агротехническим требованиям к механизированному посеву, а именно сохранению равномерности высева пропашных культур с увеличением скорости посева. В связи с этим за рубежом от вакуумных пневматических аппаратов начинают постепенно отказываться в пользу пневматических аппаратов избыточного давления, которые лишены этого недостатка. Поэтому разработка пневматического аппарата избыточного давления для пунктирного посева кукурузы и исследование процессов, происходящих при высеве, актуальна.

На кафедре механизации растениеводства ФГОУ ВПО АЧГАА был разработан экспериментальный высевающий аппарат избыточного давления с принудительной герметизацией семенной камеры [7,9], а также проведены экспериментальные исследования для определения его оптимальных режимов работы, в ходе которых на универсальном компьютеризированном стенде производилась регистрация индивидуальной подачи семян кукурузы каждым дозирующим элементом.

При работе высевающего аппарата на процесс дозирования оказывает влияние множество факторов. Например, частота вращения высевающего диска, давление в семенной камере, диаметр сопла, диаметр отверстий дозирующих элементов и многие другие. Поэтому цель исследования - определение влияния этих факторов на параметр оптимизации. В качестве параметра оптимизации было принято математическое ожидание подачи семян дозирующими элементами высевающего диска M .

В ходе исследований [8] проведенных ранее, известно, что основными факторами, определяющими качество дозирования семян аппаратом избыточного давления являются диаметр отверстий дозирующих элементов, частота вращения высевающего диска и величина избыточного давления в семенной камере аппарата.

Поэтому цель исследования - определение влияния этих факторов на параметр оптимизации. В качестве параметра оптимизации было принято

математическое ожидание подачи семян дозирующими элементами высевающего диска М.

Определение влияния диаметра сопла и избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевающего аппарата.

Для определения влияния диаметра сопла и избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевающего аппарата был проведен полный факторный эксперимент типа ПФЭ 2^2 .

Двухфакторный эксперимент по матрице планирования ПФЭ 2^2 проводился с использованием семян кукурузы Зерноградский 330 МВ при оптимальных значениях основных факторов:

- диаметр отверстий дозирующих элементов $d = 4,0$ мм;
- частота вращения высевающего диска $n = 0,8$ с⁻¹;
- количество дозирующих элементов в высевающем диске 15 шт.

Факторы и их уровни варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные факторы и уровни их варьирования

Факторы Уровни	Диаметр сопла	Избыточное давление в камере
Натуральное обозначение	D, мм	p, кПа
Верхний	35,0	4,0
Основной (нулевой)	30,0	3,0
Нижний	25,0	2,0
Кодированное обозначение	X ₁	X ₂
Верхний	+1	+1
Основной (нулевой)	0	0
Нижний	-1	-1

Опыты проведены по матрице ПФЭ 2^2 в последовательности имеющей случайный характер, т.е. опыты рандомизированы.

Результаты эксперимента 2^2 по исследованию влияния диаметра сопла и избыточного давления в семенной камере на подачу высевающего аппарата приведены в таблице 2.

Повторность опытов трехкратная по 400 подач в каждой повторности. Таким образом, в каждом опыте регистрировалось 1200 подач. Точность опытов, т.е. относительная ошибка средней подачи семян, составила от 0,60 до 2,50 %.

Таблица 2 – Подача семян кукурузы дозирующими элементами высевающего диска

№ опыта	Факторы		Частоты подач семян дозирующими элементами, %				Числовые характеристики		
	X_1	X_2	a_0	a_1	a_2	a_3	M, шт	σ ,шт	V,%
	D, мм	p, кПа							
1	35	4,0	0,8	95,3	3,9	-	1,03	0,22	21
2	35	2,0	5,8	93,6	0,6	-	0,95	0,25	26
3	25	4,0	12,3	85,1	2,5	0,1	0,90	0,37	42
4	25	2,0	40,1	57,0	2,7	0,2	0,63	0,54	87

В результате обработки опытных данных таблицы 2 известным методом [1, 4, 5, 6, 10] была построена статистическая математическая модель процесса высева в кодированном виде:

$$Y = 0,878 + 0,112X_1 + 0,090X_2 - 0,048X_1X_2. \quad (3)$$

Оценка однородности дисперсий была проведена с помощью критерия Кохрена [1, 4, 10]. С помощью критерия Стьюдента проверена гипотеза о значимости коэффициентов уравнения регрессий. Все

коэффициенты регрессии значимы. С помощью критерия Фишера была подтверждена адекватность модели с 95% доверительной вероятностью.

Проведя преобразования уравнения регрессии (3) получим уравнение регрессии в натуральном виде:

$$M = -0,928 + 0,051D + 0,378p - 0,010Dp. \quad (4)$$

По уравнению регрессии (4) были построены изолинии поверхности отклика, которые представлены на рисунке 1.

Проанализировав уравнение регрессии (3) и изолинии этой функции (рис. 1) можно сделать следующие выводы:

- при увеличении диаметра сопла высевающего аппарата в диапазоне от 25 мм до 35 мм математическое ожидание подачи семян дозирующими элементами увеличивается;

- при увеличении избыточного давления в семенной камере высевающего аппарата от 2,0 кПа до 4,0 кПа математическое ожидание подачи дозирующими элементами увеличивается;

- при одновременном увеличении диаметра сопла высевающего аппарата и избыточного давления в семенной камере аппарата пропорционально их интервалам варьирования математическое ожидание подачи семян уменьшается;

- из двух факторов в исследуемых пределах наибольшее влияние на математическое ожидание подачи семян кукурузы оказывает диаметр сопла высевающего аппарата;

- для уменьшения влияния сопла высевающего аппарата необходимо увеличивать диаметр сопла как можно больше, но из конструктивных особенностей разработанного аппарата, диаметр сопла не может быть больше 35 мм.

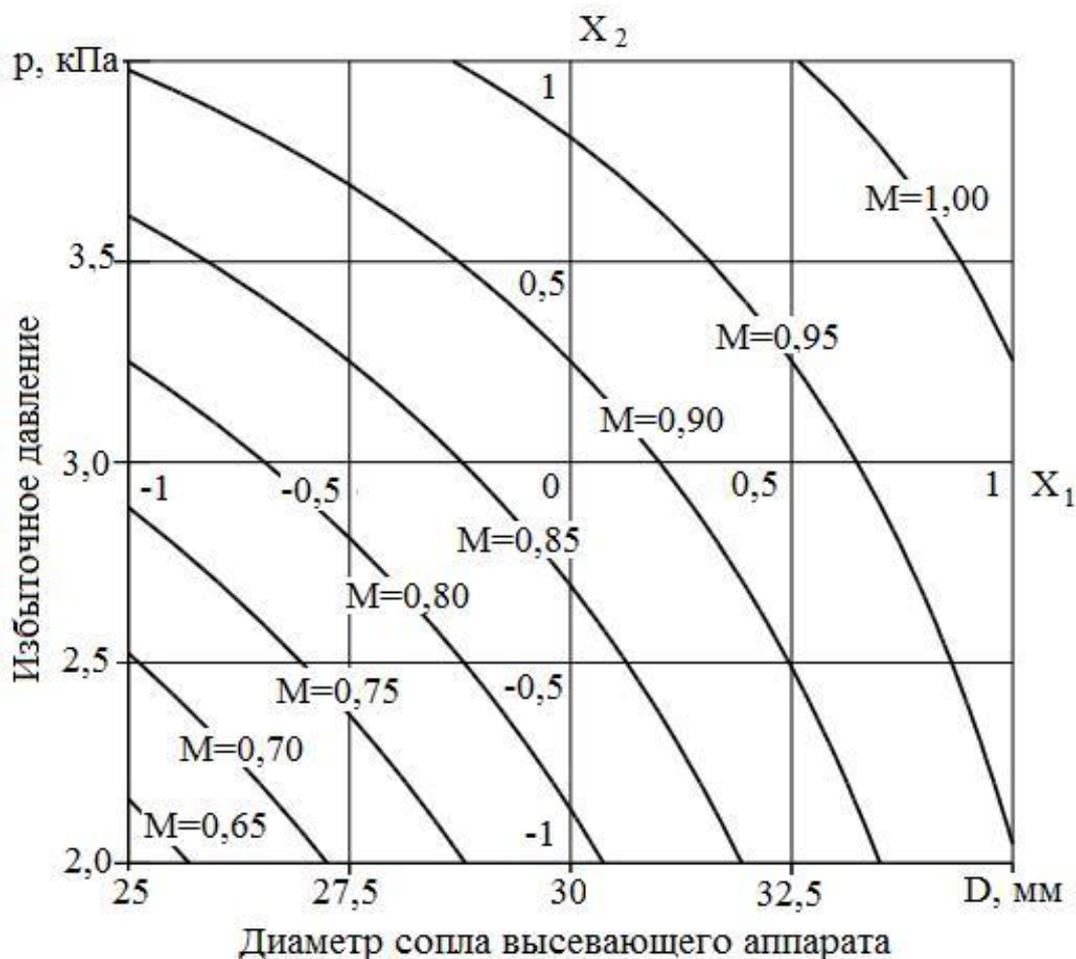


Рисунок 1 – Изолинии математического ожидания подачи семян дозирующими элементами при изменении диаметра сопла и избыточного давления в семенной камере высевяющего аппарата

Анализ таблицы 2 показывает

- увеличение диаметра сопла или избыточного давления в семенной камере аппарата приводит к значительному увеличению частоты нулевых подач;

- при диаметре сопла равном $D=35$ мм, увеличение избыточного давления приводит к увеличению частоты двухштучных подач, при диаметре сопла $D=25$ мм, увеличение избыточного давления не оказывает влияния на частоту двухштучной подачи;

- при увеличении диаметра сопла частота одноштучной подачи увеличивается более значительно, чем при увеличении избыточного давления;

- показатели неравномерности дозирования находятся в пределах $\sigma = 0,22 - 0,54$ шт., коэффициент вариации $V=21 - 87\%$.

Влияние частоты вращения высевающего диска на показатели качества дозирования высевающего аппарата показаны на рисунке 2.

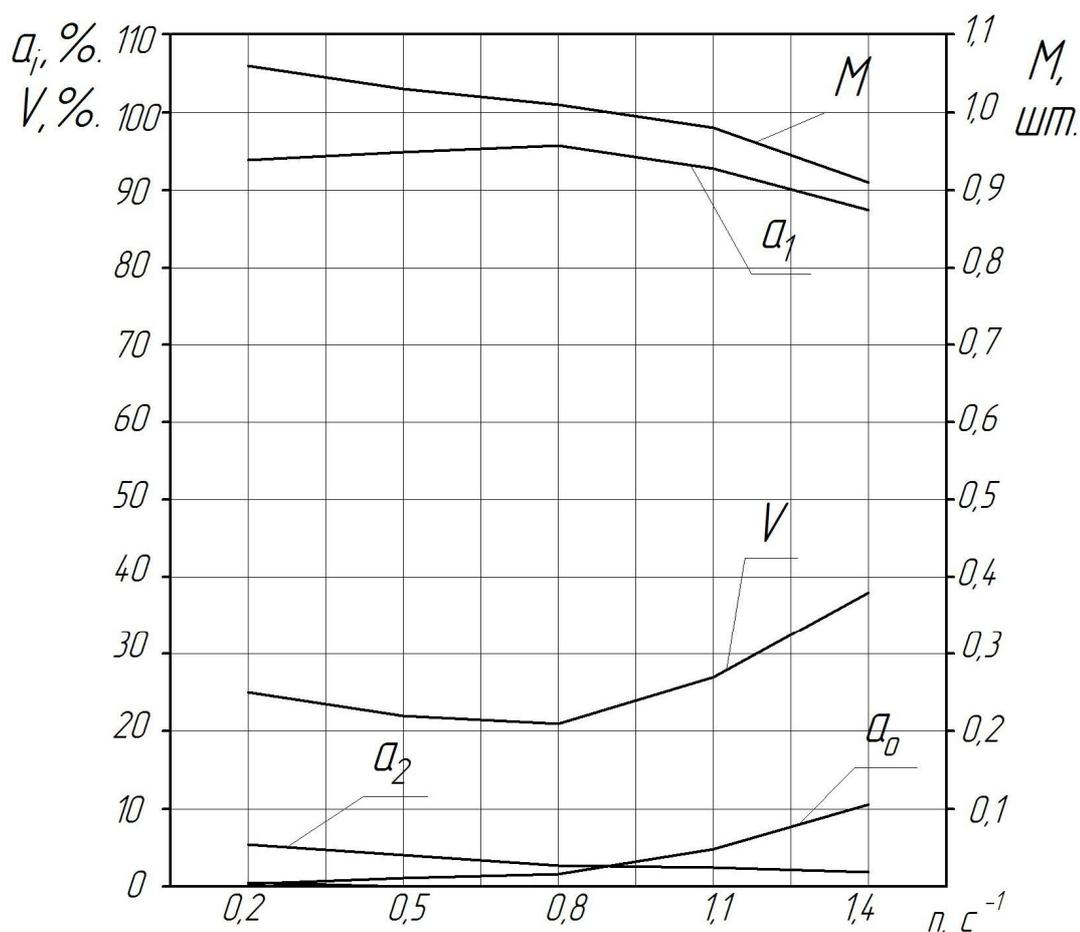


Рисунок 2 – Влияние частоты вращения высевающего диска на показатели качества дозирования высевающего аппарата

Из рисунка 2 видно, что:

– при увеличении частоты вращения высевающего диска от $0,2 c^{-1}$ до $1,4 c^{-1}$ математическое ожидание подачи семян уменьшается от 1,06 до 0,91 шт.;

– при увеличении частоты вращения высевающего диска от $0,2 \text{ с}^{-1}$ до $1,4 \text{ с}^{-1}$ частотность нулевых подач увеличивается от 0,3% до 10,8%, частотность двухштучных подач уменьшается от 5,4% до 1,8%, частотность одноштучных подач сначала увеличивается до максимума, а затем уменьшается;

– при частотах вращения высевающего диска 1,1 и $1,4 \text{ с}^{-1}$ частотность нулевых подач составляет 4,8% и 10,8% соответственно;

– наибольшая частотность одноштучной подачи $a_1 = 95,7\%$ наблюдается при частоте вращения $n = 0,8 \text{ с}^{-1}$, при этом частотность нулевых подач составляет $a_0 = 1,6\%$, частотность двухштучных подач $a_2 = 2,7\%$, а математическое ожидание подачи семян $M = 1,01$ шт., таким образом, работая в этом диапазоне частоты вращения высевающего диска, аппарат осуществляет высев семян кукурузы при оптимальных показателях качества дозирования, что подтверждает правильность выбранного уровня данного фактора в предшествующих теоретических исследованиях;

– при изменении частоты вращения высевающего диска от 0,2 до $1,4 \text{ с}^{-1}$ показатели равномерности подачи семян кукурузы дозирующими элементами высевающего диска находятся в пределах $\sigma = 0,21 - 0,34$ шт. и $V = 21 - 38 \%$.

Влияние расстояния между смежными выступами высевающего диска на показатели качества дозирования высевающего аппарата.

Расстояние между смежными выступами высевающего диска изменялось от 22 до 28 мм.

Результаты исследования представлены в таблице 3.

Проанализировав данные таблицы 3 можно сделать следующие выводы:

– при изменении расстояния между выступами высевающего диска от 22 до 28 мм математическое ожидание подачи практически не изменяется $M = 1,03-1,04$ шт.;

Таблица 3 – Влияние расстояния между смежными выступами
высевающего диска на показатели качества дозирования высевающего
аппарата

Расстояние между выступами, мм	Частоты подачи семян дозирующими элементами, %					M, шт.	σ, шт.	V,%
	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄			
22	1,5	95,1	2,6	0,8	-	1,03	0,27	26
24	0,8	95,3	3,0	0,9	-	1,04	0,27	26
28	1,0	95,3	3,6	0,2	-	1,03	0,23	22

- при увеличении расстояния между выступами высевающего аппарата частота нулевых подач изменяется в диапазоне от 0,8% до 1,5%;

- минимальная частота нулевой подачи $a_0 = 0,8\%$ наблюдается на расстоянии между выступами равном 24 мм, максимальная $a_0 = 1,5\%$ – при 22 мм;

- с увеличением расстояния между выступами частота двухштучных подач растет от 2,6% до 3,6%;

- при изменении расстояния между выступами от 22 до 28 мм показатели неравномерности подачи семян находятся в пределах $\sigma = 0,23 - 0,27$, $V = 22 - 26\%$.

Литература

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.:Наука, 1976. - 279 с.
2. Вавилов П.П. Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов и др. -М.: Агропромиздат, 1986. – 512 с.
3. Вольф, В.Г. Статистическая обработка опытных данных [Текст] / В.Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 254 с.
4. Грановский В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 288 с.
5. Ермольев Ю.И. Основы научных исследований в сельскохозяйственном машиностроении / Ю. И. Ермольев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 243 с.
6. Митков, А.Л. Статистические методы по сельхозмашиностроении [Текст] / А.Л. Митков, С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1978.
7. Пат. 2355153 Российская Федерация МПК⁷ А01С7/04 Пневматический высевающий аппарат [Текст] / П.Я. Лобачевский, А.Ю. Попов, А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк (ФГОУ ВПО АЧГАА). – №2007145276/12 заявл. 05.12.2007; опубл. 20.05.2009 Бюл. №14.
8. Попов А.Ю. Совершенствование технических средств в растениеводстве. Межвузовский сборник научных трудов. [Текст] / А.Ю. Попов – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2009. – 157 с.
9. Попов, А.Ю. Совершенствование конструкции пневматического высевающего аппарата избыточного давления [Текст] /А.Ю. Попов // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки.– 2009. – №4. – С. 76 – 79.
10. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А.А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.