

**Н.Д. Лепёшкин, зав. лабораторией, канд. техн. наук, А.Л. Медведев, доц., канд. техн. наук, Ю.Л. Салапура, асп.**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*

**В.А. Дубовик, доц., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

## Экспериментальные исследования питателя эжекторного типа для пневматических сеялок

В статье дано теоретическое обоснование зависимости производительности и КПД питателя эжекторного типа от геометрических параметров и экспериментально установлено влияние их на равномерность распределения высеваемого материала.

**пневматическая сеялка, эжекторный питатель, диффузор, конфузор**

Среди операций технологического процесса возделывания зерновых сельхозкультур, оказывающих значительное влияние на урожай, качество и объём будущего урожая, является посев. Проведение сева в оптимальные агросроки в удобренную почву – залог будущего урожая.

Многие учёные [1] отмечают повышенную потребность растений в фосфоре в начальный период вегетации. По данным Института почвоведения и агрохимии [2], содержание подвижных форм фосфора в почвах республики крайне недостаточен для формирования планируемой урожайности сельскохозяйственных культур.

В связи с этим, в последние годы в Республике Беларусь активно ведутся работы по созданию посевных машин с пневматической системой высева, обеспечивающих одновременный высеv семян с припосевной дозой фосфорных гранулированных удобрений. Однако, как показала практика, пневматическое транспортирование смеси семян и минеральных удобрений сопряжено с рядом трудностей, решение которых является актуальной задачей.

Среди устройств, оказывающих основное влияние на стабильность и равномерное распределение высеваемого материала можно выделить питатель, распределитель потока и сошник. Второстепенное влияние оказывает длина и расположение пневмоматериалопровода в рамках, ограниченных конструктивными параметрами существующих пневматических сеялок. Причём исследователи [3] выделяют, что на продольную равномерность распределения влияет в основном питатель, на поперечную – распределитель потока, а на равномерную глубину заделки – сошник. Однако на практике все эти устройства в комплексе оказывают более сложное влияние на процесс высева.

Ввод посевного материала в систему с избыточным давлением является сложной технической задачей. Анализ существующих конструкций питателей показал, что в настоящее время в мировой практике производства пневматических посевных машин наиболее широкое распространение нашли питатели эжекторного типа. Однако применение их при одновременном высеve семян и удобрений затруднительно вследствие повышенной концентрации материала в сети при недостаточной производительности последних и низкого КПД этих устройств. Повышение производительности эжекторных питателей позволяет избежать пульсации в системе и, соответственно, повысить равномерность распределения.

Цель работы – дать теоретическое обоснование зависимости производительности и КПД питателя эжекторного типа от геометрических параметров и экспериментально установить влияние их на равномерность распределения высеваемого материала.

КПД эжекторного питателя определяет величину потерь динамического напора и по данным ряда авторов [4, 5] варьирует в широких пределах от 0,4 до 0,7. Однако, КПД эжекторных питателей, применяемых в пневматических высевающих системах отечественного производства (сеялки С-6 и С-6Т), не превышает 0,5. В связи с этим возникает необходимость в установке вентиляторов повышенного давления и производительности, для обеспечения надёжной работы системы, или новых эжекторных питателей, обладающих меньшим сопротивлением и большей пропускной способностью.

Некоторые исследователи [5] предлагают для снижения сопротивления изготавливать эжекторные питатели с углом сужения конфузора и углом раскрытия диффузора не превышающими  $8^{\circ}$ . При этом ими не принимаются во внимание, что сопротивление связано не только с углом раскрытия диффузора, но и с такими понятиями, как степень расширения диффузора и коэффициент полноты удара. Причём последний является комплексной величиной, отражающей суммарные потери в диффузоре. Изготавливать питатель с равными углами сужения и раскрытия не целесообразно и по той причине, что потери при расширении потока значительно превышают потери при его сужении.

Коэффициент потерь в конфузоре  $\xi$  определяется по формуле, предложенной в 1919 году Эйфелем [6]:

$$\xi = \frac{\lambda}{\sin \frac{\alpha}{2}} \left( \frac{n^2 - 1}{n^2} \right), \quad (1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент сопротивления в цилиндрических трубах;

$n$  – степень поджатия, основная характеристика конфузора;

$\alpha$  – средний угол конусности конфузора.

Величина степени поджатия определяется по формуле:

$$n = \frac{F_2}{F_1}, \quad (2)$$

где  $F_1$  – площадь выходного сечения конфузора;

$F_2$  – площадь входного сечения конфузора.

Ряд исследований показал, что увеличение или уменьшение  $n$  значительно снижает относительную неравномерность поля скоростей. Потери при соосном входе в трубу из конического конфузора эквивалентны потерям при косом соударении неупругих тел [7]. Поэтому целесообразно экспериментальными исследованиями определить значения  $F_1$ ,  $F_2$  и  $\alpha$  для минимальных потерь в конфузоре при определённых конструктивных параметрах высевающей системы (диаметр и длина пневмоматериалопроводов, характеристика вентиляторов и др.).

Более сложной является задача снижения потерь в диффузоре. Потери в диффузорах составляют до 30 % всех потерь в системе. При этом они значительно зависят от типа поперечного сечения диффузора. Наиболее просты и технологичны в изготовлении диффузоры конического типа [8].

Потери в конических диффузорах определяются по формуле:

$$\xi = \psi_0 \left( 1 - \frac{1}{f} \right)^2, \quad (3)$$

где  $\psi_0$  – коэффициент смягчения (полноты) удара, он характеризует степень несовершенства диффузора,  $\psi_0 = 3,5 \left( \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)$ ;

$f$  – степень расширения диффузора, равная отношению площади поперечного сечения на выходе диффузора к площади поперечного сечения на входе;

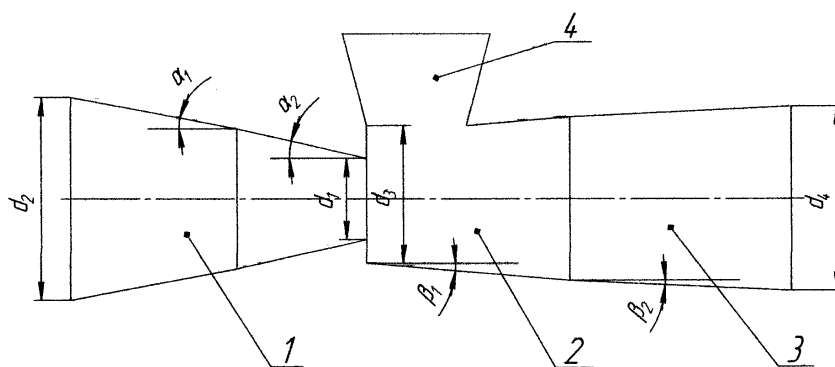
$\alpha$  – локальный угол расширения диффузора.

От степени расширения диффузора  $f$  коэффициент  $\psi_0$  зависит не значительно, так как при любом большом  $f$  теоретически всегда можно выбрать сколь угодно малый угол расширения.

Известно, что увеличение потерь связано с отрывом потока среды от стенок канала и возникновением турбулентности. С уменьшением угла расширения потери уменьшаются, но диффузор получается значительной длины. Поэтому его предельное значение ограничивается конструктивно-технологическими требованиями и определяется расчётно-экспериментальным методом.

Кроме преодоления сопротивления питателя, давление развиваемое вентилятором расходуется на преодоление сопротивления сети и на разгон материала до скорости транспортирования. В связи с этим пневмоматериалопровод необходимо укладывать таким образом, чтобы его сопротивление было как можно меньше.

В работе [9] предлагается с целью снижения потерь на расширение в эжекторных питателях применять «колоколообразный» диффузор. Однако предложенный трёхугольный диффузор достаточно сложен и трудоёмок в изготовлении. Поэтому была принята следующая схема эжекторного питателя (рисунок 1): конфузор и диффузор имели переменное сечение. Конфузор с углами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , а диффузор с углами расширения  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . Причём как конфузор, так и диффузор были изготовлены составными, что значительно упростило изготовление и стыковку сопрягаемых поверхностей. Параметры загрузочной горловины определялись по максимальной пропускной способности, необходимой для высева не менее 100 г/с материала (это составляет 500 кг/га при посеве смеси люпина с гранулированным суперфосфатом на скорости 10 км/ч).

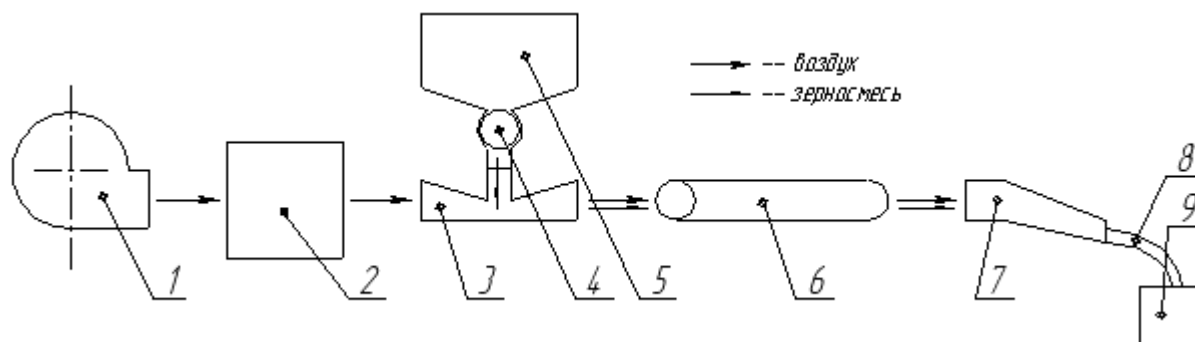


1 – конфузор; 2 – приёмная камера; 3 – диффузор; 4 – загрузочная горловина  
Рисунок 1 – Экспериментальный эжекторный питатель

Углы:  $\alpha_2$  и  $\beta_1$  были const, а параметры  $\alpha_1$ ,  $\beta_2$ ,  $d_1$  – переменными.

Исследования проводились на экспериментальной установке, схема которой представлена на рисунке 2. Установка имитирует пневматическую систему высева с групповым дозированием семян (применяется на отечественных сеялках С-6). Она состоит из вентилятора с частотой вращения  $3850 \text{ с}^{-1}$ , цилиндрического ресивера диаметром 170 мм и восьмью отверстиями (семь отверстий диаметром 22 мм, одно

отверстие (выходное) диаметром 50 мм), трубопровода диаметром 50 мм и длиной 5,0 м, бункера с дозатором катушечного типа, шестиканального распределителя горизонтального типа конструкции БСХА, семяпроводов диаметром 32 м, сборника семян.



1 – вентилятор; 2 – ресивер; 3 – эжектор; 4 – дозатор; 5 – семенной ящик; 6 – трубопровод; 7 – распределитель; 8 – семяпровод; 9 – сборник

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

При проведении опытов в качестве высеваемого материала использовалась смесь люпина с гранулированным суперфосфатом в соотношении 3:1. Влажность семян соответствовала агротехническим требованиям. Число повторностей опытов принималась трёхкратной исходя из 95 % надёжности показаний, как наиболее распространённой при технологических исследованиях. Проведение аэродинамических измерений и тарирование измерительных средств решалась в соответствии с общими требованиями аэродинамики. Исследования проводились при значениях атмосферного давления, влажности и температуры воздуха равных или близких к стандартным. Скорость воздуха определялась по среднему динамическому давлению, замеряемому интегральным манометром Testo-512 в комплекте с интегрирующей трубкой Пито.

При определении равномерности распределения высеваемого материала по семяпроводам до начала опыта устанавливался требуемый режим работы установки. Необходимая норма высева обеспечивалась изменением частоты вращения катушки и длиной её рабочей части. Контрольный высев проводили в течение одной минуты. Высеянный в отдельные мешочки материал взвешивали с точностью до одного грамма на весах ВЭУ-6-1/2 (ТУ 25-7724-010-98). Численные значения массы высеваемого материала, попавшего из каждого из шести семяпроводов в сборник, рассматривались как вариационный ряд.

Установка работает следующим образом: вентилятор 1, приводимый в действие электродвигателем с частотой вращения 950 об/мин, что соответствует частоте вращения ВОМ трактора, нагнетает воздух в пневмотранспортную магистраль. Давление, развиваемое вентилятором, составляет 43,8 гПа. Давление воздуха в ресивере 2 выравнивается. Далее, воздух под давлением подаётся в эжекторный питатель 3. Туда же из бункера 5 с помощью дозатора 4 подаётся смесь семян с удобрениями. Воздушный поток в питателе, захватывает смесь и далее по трубопроводу 6 транспортирует её к шестиканальному распределителю 7, где происходит деление потока по сошникам.

Экспериментально определялись максимальная производительность эжекторных питателей и равномерность распределения материала по сошникам при данной производительности, а также потери давления воздушного потока в питателе на чистом воздухе. Условия проведения эксперимента – семь отверстий диаметром 22 мм в ресивере открыты, с целью приближения к реальным условиям работы системы на сеялке с шириной захвата 6 м. Исследования проводили на высева смеси люпина с

гранулированным суперфосфатом в соотношении 3:1. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований эжекторных питателей

Показатели исследований	Варианты эксперимента							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Диаметр сопла $d_1$ , мм	18	18	26	26	18	18	26	26
Угол сужения $\alpha_1$ , град.	15	25	15	25	15	25	15	25
Угол раскрытия $\beta_2$ , град.	5	5	5	5	12	12	12	12
Степень расширения диффузора $f$	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Степень сужения конфузора $n$	3,1	3,1	2,1	2,1	3,1	3,1	2,1	2,1
Максимальная пропускная способность, г/с	53,2	57,7	73,8	75,9	54,3	62,9	72,9	78,4
Потери давления в эжекторе, гПа	22,9	26,7	22,5	21,4	23,6	26,7	16,6	6,75
Коэффициент вариации, %	10,39	10,31	3,87	3,07	8,57	10,31	2,31	2,61

#### Выводы

1. На пропускную способность существенное влияние оказывают все три фактора –  $\alpha_1$ ,  $\beta_2$ , и  $d_1$ .

2. При диаметре сопла  $d_1 = 18$  мм происходит снижение равномерности распределения (коэффициент вариации больше 10%) вследствие снижения скорости транспортирования по причине падения давления и волнообразного перемещения материала в трубопроводе.

3. Наибольшая пропускная способность 78,4 г/с (376 кг/га) с коэффициентом вариации 2,31 % достигается при диаметре сопла  $d_1 = 26$  мм, углах  $\alpha_1 = 15^\circ$  и  $\beta_2 = 12^\circ$ .

#### Список литературы

1. Минеев В.Г. Агрохимия. – 2-е изд., перераб и доп. – Москва: Изд-во МГУ, Изд-во «Колос», 2004. – 720 с.
2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Под ред. И.М. Богдевича. – Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», 2006. – 288 с.
3. Курзенков С.В., Шаршуков И.А. Обоснование конструкции распределителя пневматической зерновой сеялки // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2003. – № 3 – С. 70-74.
4. Святков С.Н. Пневматический транспорт щепы. – Ленинград, 1966. – 295 с.

5. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях. – Москва: Колос, 1976. – 344 с.
6. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. – 3-е изд., доп. и испр. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 480 с.
7. Бутаков С.Е. Воздухопроводы и вентиляторы. – Москва, Свердловск: Главное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1958. – 352 с.
8. Дорфман А.Ш. и др. Аэродинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин. под общ. ред. И.Т. Швеца. – Киев: Изд-во АН УССР, 1960. – 188 с.
9. Смаглий В.И. Обоснование процесса работы и параметров эжекторных рабочих органов пневматических туковысевающих машин: дис. канд. техн. наук. – Глеваха, 1989. – 194 с.

В статті дано теоретичне обґрунтування залежності продуктивності і ККД живильника ежекторного типу від геометричних параметрів, а також експериментально встановлено вплив їх на рівномірність розподілу висівного матеріалу.

In article the theoretical substantiation of dependence of productivity and efficiency of an ejector's type feeder from geometrical parameters is given and their influence on uniformity of distribution of a sowed material is experimentally established.