

УДК 631.331

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИТАТЕЛЯ ЭЖЕКТОРНОГО ТИПА ДЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК

Лепёшкин Н.Д., к.т.н.

Медведев А.Л., к.т.н.

Салапура Ю.Л., аспирант

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по механизации сельского хозяйства»

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

**Введение.** Среди операций технологического процесса возделывания зерновых сельскохозяйственных культур, 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 отмечают повышенную потребность растений в фосфоре в начальный период вегетации [1]. По данным Института почвоведения и агрохимии [2], содержание подвижных форм фосфора в почвах республики крайне недостаточно 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 высев 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 выделяют, что на продольную равномерность распределения влияет в основном питатель, на поперечную – распределитель потока, а на равномерную глубину заделки

– сошник [3]. Однак на практиці всі ці пристрої в комплексі оказують більш складне впливання на процес висіва.

Ввод посівного матеріалу в систему з надлишковим тиском є складною технічною задачею. Аналіз існуючих конструкцій подавачів показав, що в даний час в світовій практиці виробництва пневматических посівних машин найбільш широке поширення знайшли подавачі ежекторного типу. Однак застосування їх при одночасному висіві насіння і добрив ускладнюється внаслідок підвищеної концентрації матеріалу в сітці при недостатній продуктивності останніх і низького ККД цих пристроїв. Підвищення продуктивності ежекторних подавачів дозволяє уникнути пульсації в системі і, відповідно, підвищити рівномірність розподілу.

Мета роботи – надати теоретичне обґрунтування залежності продуктивності і ККД подавача ежекторного типу від геометричних параметрів і експериментально встановити вплив їх на рівномірність розподілу висівного матеріалу.

**Теоретичні передумови.** ККД ежекторного подавача визначає величину втрат динамічного тиску і за даними ряду авторів варіює в широких межах від 0,4 до 0,7 [4, 5]. Однак ККД ежекторних подавачів, застосовуваних в пневматических висівальних системах вітчизняного виробництва (сеялки С-6 і С-6Т), не перевищує 0,5. В зв'язі з цим виникає необхідність встановлення вентиляторів підвищеного тиску і продуктивності для забезпечення надійної роботи системи або нових ежекторних подавачів, що мають менше опір і більшу пропускну здатність.

Деякі дослідники [5] пропонують для зменшення опору виготовляти ежекторні подавачі з кутом звуження конфузора і кутом розкриття диффузора не перевищуючими  $8^{\circ}$ . При цьому їм не приділяється уваги, що опір пов'язаний не тільки з кутом розкриття диффузора, але і з такими поняттями, як ступінь розширення диффузора і коефіцієнт повноти удару. Крім того останній є комплексною величиною, що відображає сумарні втрати в диффузорі. Виготовляти подавач з рівними кутами звуження і розкриття нецелесообразно і по цій причині, що втрати при розширенні потоку значно перевищують втрати при його звуженні.

Коефіцієнт втрат в конфузорі  $\xi$  визначається за формулою, запропонованою в 1919 році Ейфелем, [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 соударению 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

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

где  $\psi_{\delta}$  – коэффициент смягчения (полноты) удара, он характеризует степень не совершенства диффузора;

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

$$\psi_{\delta} = 3,5 \left( \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)^{1,22}, \quad (4)$$

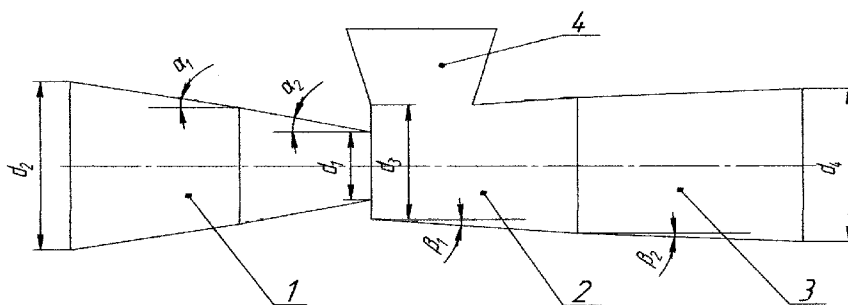
где  $\alpha$  – локальный угол расширения диффузора.

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

**Результаты исследований.** 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 (рис. 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 упрощало изготовление и стыковку сопрягаемых поверхностей.



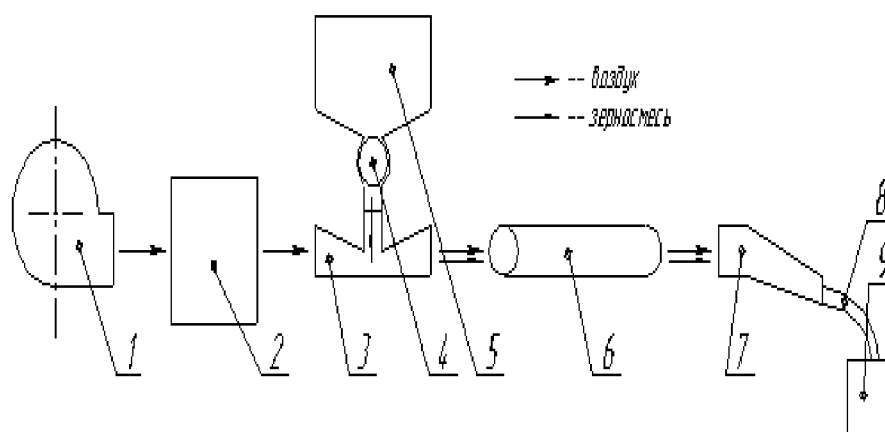
1 – конфузор; 2 – приёмная камера; 3 – диффузор; 4 – загрузочная горловина

Рисунок 1 – Экспериментальный эжекторный питатель

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

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).

Исследования проводились на экспериментальной установке, схема которой представлена на рис. 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 8 отверстиями (7 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 мм, 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 принималось трёхкратным, исходя из 95 % надёжности показаний, как наиболее распространённой при технологических исследованиях. Проведение аэродинамических измерений и тарирование измерительных средств решались 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 комплексе с интегрирующей трубкой Пито.

При определении равномерности распределения высеваемого материала по семяпроводам до начала опыта устанавливался требуемый режим работы уста-

новки. Необхідна норма висева забезпечувалась изменением частоты вращения катушки и длиной её рабочей части. Контрольний висев проводили в течение 1 мин. Высейный в отдельные мешочки материал взвешивали с точностью до 1г на весах ВЭУ-6-1/2 (ТУ 25-7724-010-98). Численные значения массы высеваемого материала, попавшего из каждого из 6 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 – 7 отверстий диаметром 22 мм в ресивере открыты с целью приближения к реальным условиям работы системы на сеялке с шириной захвата 6м. Исследования проводили на высеве смеси люпина с гранулированным суперфосфатом в соотношении 3:1. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты исследований эжекторных питателей

Показатели исследований	Варианты эксперимента							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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.** На пропускную способность существенное влияние оказывают все три фактора –  $\alpha_1$ ,  $\beta_2$ , и  $d_1$ .

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

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  $\beta_2 = 12^\circ$ .

#### Перечень ссылок

1. *Минеев, В.Г.* Агрохимия / В.Г. Минеев. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: 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.* Обоснование конструкции распределителя пневматической зерновой сеялки / С.В. Курзенков, И.А. Шаршуков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2003. – № 3 – С. 70-74.
4. *Святков С.Н.* Пневматический транспорт щепы / С.Н. Святков. – Л., 1966. – 295 с.
5. *Зуев Ф.Г.* Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф.Г. Зуев. – М.: Колос, 1976. – 344 с.
6. *Повх И.Л.* Аэродинамический эксперимент в машиностроении / И.Л. Повх. – 3-е изд., доп. и исправл. – Л.: Машиностроение, 1974. – 480 с.

7. *Бутаков С.Е.* Воздухопроводы и вентиляторы / С.Е. Бутаков. – Москва, Свердловск: Главное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1958. – 352 с.

8. *Дорфман А.Ш.* Аэродинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин / А.Ш. Дорфман [и др.]/ Под общ. ред. И.Т. Швеца. – К.: 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: 05.20.01 / В.И. Смаглий. – Глеваха, 1989. – 194 с.

### **EXPERIMENTAL RESEARCHES OF EJECTOR'S TYPE FEEDER FOR PNEUMATIC SEEDERS**

**Summary.** In clause 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