

4. Гусаков, С. Особенности применения чистого рапсового масла в качестве топлива в малоразмерных высокооборотных дизелях / С. Гусаков, Пабло Вальехо // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. 2006. № 4. С. 58 – 62.
5. Натуральное рапсовое масло – горючее для дизельных моторов, блочных ТЭЦ и котельных. Опыт федеральных земель Германии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.meganet.md/its/ru/reg/biotoplivo.html> – Дата доступа: 21.02. 2007.
6. Использование растительных масел в качестве альтернативного топлива за рубежом: Система ДОР. М., 1991. 10 с.
7. Лиханов, В.А. Снижение токсичности автотракторных дизелей / В.А. Лиханов, А.М. Сайкин. М.: Агропромиздат, 1991. 208 с.

УДК 631.331

О СНИЖЕНИИ ПОТЕРЬ В ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ВЫСЕВАЮЩИХ СИСТЕМАХ ЗЕРНОВЫХ СЕЯЛОК

*Лепёшкин Н.Д., Медведев А.Л., Салапура Ю.Л.
(НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)*

В статье представлены теоретические предпосылки определения потерь давления воздушного потока в пневматических высевающих системах зерновых сеялок и определены пути их снижения.

Введение

Посев сельскохозяйственных культур является важным этапом в производстве продукции растениеводства, от которого в значительной степени зависит количество и качество будущего урожая. Качественный посев заключается в размещении семенного материала на оптимальном для данной культуры расстоянии, как в рядке, так и между рядками. Обеспечение этих требований во многом определяется применяемой на сеялках системой высева.

В последние годы для посева зерновых и зернобобовых культур применяются широкозахватные сеялки и почвообрабатывающе-посевные агрегаты с пневматической системой высева. Несмотря на то, что при этом не обеспечивается такая же степень равномерности размещения семенного материала на поверхности поля как сеялками с механической системой высева, они вытесняют данный тип сеялок, так как превосходят последние по производительности, снижению удельных затрат на обслуживание агрегата и материалоемкости.

Транспортирование материала в сеялках с пневматической системой высева производится воздушным потоком, большая часть энергии которого (около 50%) расходуется на преодоление сопротивления. Поэтому для надёжной работы сеялок с пневматическими системами высева необходимы более мощные вентиляторы, потребляющие значительную энергию на привод (7 кВт и более). Недостаточное же давление воздушного потока приводит к снижению скорости транспортирования материала и в итоге – к завалу.

Исходя из этого, можно предположить, что снижение сопротивления элементов системы высева позволит снизить энергоёмкость процесса при сохранении его стабильности. Поэтому работа по определению путей и метода для снижения сопротивления элементов пневматической системы высева при одновременном повышении пропускной способности является актуальной задачей.

Основная часть

Основным источником энергии, необходимой для транспортирования высеваемого материала к сошникам, является давление воздушного потока, развиваемое вентилятором

центробежного типа высокого давления (до 5 кПа). Давление воздушного потока расходуется на транспортирование материала и на преодоление возникающих в сети сопротивлений.

Принципиальная схема пневматической системы высева зерновой сеялки группового дозирования с горизонтальным расположением пневмоматериалопровода, которая применяется на отечественных сеялках С-6 и С-6Т представлена на рисунке 1.

Рассматривая принципиальную схему (рисунок 1), выделяем основные элементы, в которых происходит падение давления воздушного потока: эжекторный питатель, пневмоматериалопровод, распределитель потока материала.

Следовательно, общие потери давления в системе высева можно представить, как сумму потерь давления в отдельных элементах системы

$$\Delta P = \Delta P_{\Pi} + \Delta P_M + \Delta P_P \quad (1)$$

где ΔP_{Π} – потери давления в питателе, Па;

ΔP_M – потери давления в материалопроводе, Па;

ΔP_P – потери давления в распределителе потока материала, Па.

В качестве питающего устройства, для ввода высеваемого материала в зону с избыточным давлением, применяемого на сеялках с пневматической системой высева, наиболее часто используется питатель эжекторного типа. Он состоит из конфузора и диффузора, соосно расположенных на определённом расстоянии друг от друга. Это позволяет за конфузуром создавать давление равное атмосферному или несколько ниже его и обеспечивает ввод материала в пневмоматериалопровод, находящийся под избыточным давлением. Основным недостатком данных устройств по данным ряда авторов [1, 2], является то, что в нём теряется до 50 % давления, создаваемого в системе вентилятором.

Общие потери в питателе складываются из внутренних потерь и потерь на разгон материала до скорости транспортирования на выходе из диффузора

$$\Delta P_{\Pi} = \Delta P_{\text{ВНУТР}} + \Delta P_{\text{РАЗГ}} \quad (2)$$

где $\Delta P_{\text{ВНУТР}}$ – внутренние потери в питателе при прохождении через него воздуха;

$\Delta P_{\text{РАЗГ}}$ – потери на разгон материала до скорости транспортирования

В свою очередь внутренние потери в питателе складываются из потерь в конфузоре, диффузоре и загрузочной горловине

$$\Delta P_{\text{ВНУТР}} = \Delta P_{\text{КОНФ}} + \Delta P_{\text{У}} + \Delta P_{\text{ДИФ}} \quad (3)$$

где $\Delta P_{\text{КОНФ}}$ – потери давления в конфузоре, Па;

$\Delta P_{\text{У}}$ – потери давления связанные с утечками воздуха через загрузочную горловину эжектора, Па;

$\Delta P_{\text{ДИФ}}$ – потери давления в диффузоре, Па.

Установлено [3], что утечки через загрузочную горловину $\Delta P_{\text{У}}$ составляют 10-15 % и вызывают пульсацию воздушного потока. Пульсация скоростей воздушного потока приводит в свою очередь к пульсациям скоростей частиц материала и их неравномерному движению. Это обстоятельство ещё больше усугубляется при транспортировании материала неоднородного по структуре и дисперсности.

Общие потери в пневмоматериалопроводе при установившемся режиме движения можно представить выражением

$$\Delta P_M = \Delta P_B + \Delta P_C + \Delta P_{\text{РАЗГ}} \quad (4)$$

где P_B – потери давления в пневмоматериалопроводе при движении воздуха, Па;

P_C – потери давления в пневмоматериалопроводе при вводе в систему материала, Па

$P_{\text{РАЗГ}}$ – потери давления на разгон материала, Па.

Потери давления при движении только воздуха определяются по уравнению Дарси-Вейсбаха

$$\Delta P_B = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho V_B^2}{2} \quad (5)$$

где λ – коэффициент сопротивления в цилиндрических трубах;
 l – длина материалопровода, м;
 d – диаметр материалопровода, м;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 V_B – скорость воздуха, м/с.

Потери, связанные с транспортированием материала рекомендуется [4] определять по формуле

$$\Delta P_C = P_0 (1 + 0,12\mu) \quad (6)$$

где P_0 – потери давления в системе при движении воздуха, Па;
 μ – концентрация материала, кг материала/кг воздуха.

Потери давления на разгон частиц материала до скорости транспортирования после ввода в систему и после местных сопротивлений определяются по уравнению

$$\Delta P_{РАЗГ} = \beta \mu \frac{\rho V_B^2}{2} \quad (7)$$

где β – коэффициент потерь давления на разгон материала;

В нашем случае, с учётом того, что высеваемый материал после распределителя поступает в сошники под действием собственного веса, сопротивление системы рассматривалось только на участке до распределителя потока высеваемого материала.

Из приведенного анализа видно, что сопротивление в системе высева зерновой сеялки зависит от многих факторов, оптимизация которых позволит несколько уменьшить потери давления и, следовательно, обеспечить стабильность режима транспортирования высеваемого материала.

Определение потерь давления расчётным методом

Результаты расчётов потерь давления при различных параметрах элементов системы и концентрации смеси применительно к системе группового дозирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Потери давления в системе высева зерновой пневматической сеялки группового дозирования

Наименование	Значение потерь давления, Па
1. Потери давления в конфузоре	130...650
2. Потери давления в диффузоре:	680...1650
на трение	50...480
на расширение	90...1350
3. Потери давления на разгон материала	500...700
4. Потери в питателе (суммарные)	1310...3000
5. Потери давления в материалопроводе на воздухе	500...600
6. Потери давления на перемещение материала	300...350
7. Потери давления на восстановление скорости после местных сопротивлений	80...250
8. Общие потери на преодоление сопротивлений	1390...3150

В качестве изменяемых параметров при расчётах принимались: концентрация смеси, угол сужения и степень сужения конфузора, угол расширения диффузора и степень его расширения, скорость воздушного потока. Давление воздушного потока на входе в систему принималось 4380 Па (давление на выходе из вентилятора, применяемого на отечественных серийных агрегатах СПУ, С-6Т и др.), диаметр полиэтиленового пневмоматериалопровода был равен 50 мм. Как видно из таблицы значения потерь в системе варьируют в широких пределах в зависимости от параметров элементов системы и технологического процесса.

При этом основные потери в системе возникают в питателе, и только около половины давления воздушного потока расходуется на преодоление сопротивления элементов системы.

Экспериментальные исследования

Для определения влияния конструктивных и технологических параметров на потери давления в системе высева были проведены экспериментальные исследования на установке имитирующей систему высева группового дозирования семян (рисунок 1. Отличительной особенностью данной системы высева от системы Accord, являющейся наиболее распространённой в Европе, является то, что в ней в качестве распределителя потока семян применяются распределители горизонтального типа конструкции БГСХА и все материалопроводы практически расположены в горизонтальной плоскости..

Исследования проводились при отсутствии семян в системе (для упрощения замеров давления воздушного потока). Число повторностей опытов принималось трёхкратным исходя из 95 % надёжности показаний (широко применяется при технологических исследованиях). Аэродинамические измерения и тарирование измерительных средств выполнялось в соответствии с общими требованиями аэродинамики. Исследования проводились при значениях атмосферного давления, влажности и температуры воздуха равных или близких к стандартным. Динамическое давление, замерялось интегральным манометром Testo-512 в комплекте с трубкой Пито. Статическое давление в системе замерялось водяным манометром с трубкой Пито.

В качестве питателя использовался экспериментальный эжекторный питатель (рисунок 2), отличительной особенностью которого является то, что внутренние поверхности конфузора и диффузора выполнены ступенчато с разными углами.

В работе [5] рекомендуется 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 2): конфузор и диффузор имели переменное сечение. Конфузор с углами α_1 и α_2 , а диффузор с углами расширения β_1 и β_2 .

При проведении эксперимента изменяли только угол β_2 , с целью определения влияния диффузора на сопротивление эжекторного питателя, как имеющего большее сопротивление, согласно теоретических данных. Углы конфузора с параметрами $\alpha_1 = 10^\circ$ и $\alpha_2 = 4^\circ$, а также угол $\beta_1 = 5^\circ$ диффузора оставались неизменными. Диаметры проходных сечений равны: $d_1 = 22$ мм, $d_2 = 55$ мм, $d_3 = 26$ мм, $d_4 = 50$ мм.

Для сравнения с экспериментальным питателем принят плоский литой эжекторный питатель производства ОАО «Брестский ЭМЗ», применяемый на серийных сеялках С-6Т, СПП-3,6 и др. Результаты экспериментальных данных представлены в таблице 2.

КПД питателя определялся, как отношение полного давления на выходе из питателя к полному давлению на входе в питатель.

Из результатов экспериментальных данных видно, что изменение значения угла β_2 диффузора с 2° до 6° повышает полное давление на выходе на 19,6 %.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований эжекторных питателей

Вид эжектора	Угол β_2 , град.	Давление на входе в питатель, Па			Давление на выходе питателя, Па			КПД, %
		Статическое	Динамическое	Полное	Статическое	Динамическое	Полное	
Пр-ва БЭМЗ		4200	540	4740	2100	342	2442	51,5
Экспериментальный эжекторный питатель	2	4400	165	4565	2000	518	2518	55,2
	3	4400	165	4565	1850	778	2628	57,6
	4	4400	165	4565	1850	795	2645	57,9
	5	4400	165	4565	1750	1008	2758	60,4
	6	4400	165	4565	1650	1388	3038	66,5

На основании анализов результатов экспериментальных данных можно сделать предположение о том, что в предлагаемом эжекторном питателе с цилиндрической формой поперечного сечения за счёт уменьшения внутреннего рабочего объёма происходит трансформация потенциальной энергии в кинетическую. Это приводит к росту динамического давления на выходе из питателя и, следовательно, к более интенсивному разгону высеваемого материала. Однако, для подтверждения этого необходимы дополнительные исследования. Известно также, что цилиндрическая форма позволяет снизить относительную неравномерность поля скоростей и избежать турбулентных струй в потоке.

Заключение

1. Установлено, что форма поперечного сечения эжекторного питателя оказывает существенное влияние на его КПД.
2. Наиболее эффективна цилиндрическая форма с двухступенчатыми углами конфузора и диффузора.
3. КПД питателя с внутренним углом раскрытия $\beta_2 = 6^\circ$ достигает высокого значения – 66,5%.

Литература

1. Зуев, Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф.Г. Зуев. – Москва: Колос, 1976. – 344 с.
2. Дорфман, М.Х. Пневматический транспорт зерна и продуктов его переработки / М.Х. Дорфман. – Москва: Хлебоиздат, 1960. – 232 с.
3. Лукашевич, Н.М. Пневмотранспорт в сельскохозяйственном производстве / Н.М. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1978. – 112 с., с ил. «Достижения науки и техники – в производство»
4. Корн, А.М. О силах, действующих на зерно при горизонтальном пневмотранспортировании / А.М. Корн // Труды ВИМ. – Москва, 1970. – Том 46. – С. 232-278.
5. Смаглий, В.И. Обоснование процесса работы и параметров эжекторных рабочих органов пневматических туковывсевающих машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.И. Смаглий. – Глеваха, 1989. – 194 с.