

Распределение воздушного потока в зоне сбрасывания лишних семян высевающего аппарата избыточного давления

Канд. техн. наук А. Ю. ПОПОВ (Донской ГАУ, popov_a_ju@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрена компьютерная модель распределения воздушного потока в семенной камере пневматического высевающего аппарата избыточного давления. Приведены начальные и граничные условия расчета модели. Построены диаграммы распределения скорости воздушного потока в зоне сбрасывания лишних семян. Определено влияние формы выступов высевающего диска на распределение воздушного потока.

Ключевые слова: высевающий аппарат, аэродинамика, избыточное давление, семена, выступ, модель, воздушный поток, распределение.

Air flow distribution in excessive seeds dumping zone of a pneumatic sowing device of overpressure

A. Yu. POPOV (Don State Agrarian University, popov_a_ju@mail.ru)

Summary. The article describes a computer model of air flow distribution in the seed chamber of pneumatic sowing device of overpressure. It presents the initial and boundary conditions of calculation of the model. Diagrams of distribution of air flow speed in excessive seeds dumping zone have been constructed. Influence of seeding plate protuberances' form on the air flow distribution has been determined.

Keywords: sowing device, aerodynamics, overpressure, seeds, protuberance, model, air flow, distribution.

На сегодняшний день наиболее перспективные машины для посева пропашных культур — сеялки точного высева с высевающими аппаратами избыточного давления. Данный тип аппаратов обеспечивает высокое качество распределения семян на больших скоростях посева, что очень важно для соблюдения агротехнических требований при посеве пропашных культур [1, 2].

Качество работы высевающего аппарата определяется количеством пропусков, двойных, тройных подач и подач более высокого порядка. В процессе дозирования эти показатели регулируются с помощью сбрасывателя лишних семян. В высевающих аппаратах избыточного давления в основном применяется пневматический сбрасыватель.

Однако процесс пневматического сбрасывания лишних семян недостаточно изучен. Это связано с тем, что исследования аэродинамических процессов, происходящих при работе пневматического высевающего аппарата, ограничены экспериментальными методами, трудно реализуемыми на практике. Они не раскрывают полной картины процесса дозирования семян, в особенности характера распределения потоков воздуха внутри семенной камеры высевающего аппарата избыточного давления. Таким образом,

исследование и моделирование процессов распределения воздушного потока внутри семенной камеры высевающего аппарата избыточного давления, и в частности в зоне сбрасывания лишних семян, — актуальная задача.

В качестве объекта исследования рассмотрим высевающий аппарат с принудительной герметизацией семенной камеры [пат. РФ № 2355153], конструкция и принцип работы которого описаны в работах [2, 3]. Особенность данного аппарата заключается в применении дополнительных конструктивных элементов (транспортного канала в корпусе аппарата и выступов высевающего диска), которые герметизируют семенную камеру при сбросе семян в сошник.

Выступы как элементы герметизации позволяют снизить и стабилизировать избыточное давление в семенной камере, но наряду с достоинствами они имеют и недостаток — ухудшают сброс лишних семян, что приводит к увеличению двойных, тройных подач и подач более высокого порядка. Это видно из результатов экспериментальных исследований по сравнению с аппаратами избыточного давления классической схемы строения корпуса [4]. Кроме того, предыдущие теоретические исследования [5] показали, что форма выступов влияет на дозирование се-

мян, в частности на повреждение семян и качество их подачи.

Из гидрогазодинамики известно, что форма физического тела, находящегося в воздушном потоке, определяет его движение и влияет на характер распределения воздушного потока. Поэтому можно предположить, что форма выступов высевающего диска влияет на распределение воздушного потока в зоне сброса лишних семян высевающего аппарата.

В связи со сложностью аэродинамических процессов и множеством факторов конструктивного характера, возникающих в замкнутом пространстве семенной камеры высевающего аппарата, построение распределения воздушного потока экспериментальными методами оказывается сложным, громоздким и длительным. Поэтому в качестве начального метода теоретического исследования работы пневматического сбрасывателя целесообразно использовать компьютерное моделирование, которое позволяет наиболее эффективно получить результаты в числовой и графической формах на основе численных методов расчета.

Компьютерное моделирование высевающего аппарата избыточного давления выполнялось с использованием программного модуля Solid-

Works Flow Simulation, основанного на методе конечных элементов. SolidWorks Flow Simulation базируется на последних достижениях вычислительной гидрогазодинамики и предназначен для решения прикладных задач газовой динамики, в частности для расчета широкого круга различных течений, таких как двумерные и трехмерные, ламинарные, турбулентные и переходные, несжимаемые, сжимаемые, с дозвуковой и сверхзвуковыми областями, стационарные и нестационарные течения многокомпонентных текучих сред в каналах или вокруг тел. Flow Simulation обладает широкими возможностями визуализации полученных результатов. Движение и теплообмен текучей среды моделируются с помощью уравнений Навье—Стокса. Этими уравнениями моделируются турбулентные, ламинарные и переходные течения. Для замыкания этой системы уравнений используются уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и ее диссипации в рамках *k-ε* модели турбулентности [6].

За счет полной интеграции Flow Simulation в SolidWorks имеется возможность моделировать конструкцию высевающего аппарата и выполнять все аэродинамические расчеты и анализ непосредственно в файле геометрии модели. Это значительно снижает вероятность возникновения ошибок импорта геометрии через промежуточные форматы данных и повышает точность расчетов [6, 7].

Процесс расчета включает следующие этапы:

- 1) создание 3D-модели высевающего аппарата;
- 2) задание области расчета;
- 3) задание граничных условий;
- 4) задание исходной расчетной сетки и критериев ее адаптации по решению и граничным условиям;
- 5) задание параметров метода расчетов и поверхностных целей;
- 6) проведение расчета и оценка его точности методом сходимости по параметрам;
- 7) визуализация результатов расчета и сохранение данных в файл [8].

Для расчета модели приняты следующие начальные условия: текучая среда — газы (воздух), материал корпуса высевающего аппарата —

сталь, температура окружающей среды 20 °С. Остальные параметры взяты по умолчанию. Граничные условия: объемный расход воздуха на входе в сопло пневматического сбрасывателя 0,012 м³/с, давление окружающей среды 0,1 МПа. В качестве параметров, по которым проводился контроль сходимости расчетов, приняты статическое давление на внутренней поверхности стенок высевающего аппарата и объемный расход на выходе через отверстия дозирующих элементов высевающего диска.

При задании расчетной сетки выбрана адаптивная схема управления сеткой, в частности заданы настройки дополнительного дробления сетки в проточных сечениях модели. Для захвата мелких особенностей модели на границе между средами выбран третий уровень разрешения сеткой мелких особенностей модели и четвертый уровень разрешения сеткой выступов поверхности.

Моделирование аэродинамического процесса высевающего аппарата проводилось для двух вариантов конструкционного исполнения выступов высевающего диска: с плоской стенкой и со срезанными углами. Введение в условия расчета компьютерной модели формы выступов объясняется тем, что для удержания семени у отверстия дозирующего элемента необходимо, чтобы скорость воздушного потока, действующего вдоль оси симметрии отверстия, была больше скорости витания семени высеваемой культуры. При этом для гарантированного пневматического сбрасывания лишних семян нужно, чтобы скорость воздушного потока, отраженного от поверхности и распространяющегося в продольной плоскости высевающего диска, также была в диапазоне значений скорости витания. Поэтому цель данного исследования — определение теоретического распределения скоростей воздушного потока в зоне сброса лишних семян в продольной плоскости высевающего диска при различных вариантах исполнения его выступов.

После определения условий расчета был смоделирован процесс движения воздушного потока в семенной камере высевающего аппарата.

В качестве входного отверстия в модели принято сопло сбрасывателя лишних семян, которое в технологической схеме аппарата служит также для подвода воздуха внутрь высевающего аппарата и обеспечивает нагнетание давления, необходимого для процесса дозирования семян. В качестве выходных отверстий приняты отверстия дозирующих элементов высевающего диска.

В результате компьютерного моделирования построены диаграммы распределения скорости воздушного потока в зоне сбрасывания лишних семян при различных формах выступов высевающего диска (рис. 1).

На основе диаграмм для более наглядного представления характера распределения воздушного потока между выступами диска в зоне сброса лишних семян с использованием программных средств SolidWorks построены графики изменения скорости воздушного потока для двух вариантов исполнения выступов (рис. 2).

Измерение скорости воздушного потока проводилось на расстоянии 5 мм от поверхности высевающего диска, что соответствует примерно половине условного диаметра семян большинства пропашных культур. По оси абсцисс отложено расстояние между двумя смежными выступами высевающего диска. Начальное и конечное значения оси абсцисс представляют собой стенки выступов. Резкое падение величины скорости воздушного потока на участке 2 в центре графика (от 7 до 13 мм) объясняется расположенным на этом участке основным семенем, которое удерживается у отверстия дозирующего элемента.

Проанализировав полученные диаграммы и графики распределения воздушного потока, можно сделать следующие выводы.

Выступы высевающего диска оказывают значительное влияние на распределение воздушного потока в зоне сброса лишних семян. Как видно из рис. 1—2, перед выступами со стороны отверстия дозирующего элемента скорость воздушного потока значительно снижается вплоть до нулевого значения. Рассмотрим участки 1 и 3 на рис. 2 (2,5—7 мм и 13—17,5 мм), на которых расположены лишние семена.

Выступы с плоской стенкой значительно снижают скорость. Так, на участке 1 скорость варьируется в диапазоне 3,5–9,5 м/с, а на участ-

ке 3 — в диапазоне 0–8 м/с. При этом больший диапазон изменения скорости на обоих участках приходится на величину менее 7 м/с. Та-

кой скорости воздуха недостаточно для сброса семян, находящихся в рассматриваемых зонах, что ухудшает работу пневматического сбрасывателя и повышает количество двойных, тройных подач и подач более высокого порядка. Это подтверждается результатами предыдущих экспериментальных исследований данного высевающего аппарата [4, 9].

Применение выступов со срезанными углами значительно повышает скорость воздуха, которая изменяется на участке 1 в пределах 6–10,8 м/с и на участке 3 в пределах 0,7–9 м/с, что сравнимо со скоростью витания семян пропашных культур, равной примерно 7–12 м/с. Поэтому можно сделать вывод, что применение выступов со срезанными углами позволит уменьшить их отрицательное влияние на сбрасывание лишних семян при сохранении герметизации семенной камеры высевающего аппарата.

Выводы

Исследование аэродинамического процесса сбрасывания лишних семян пневматическим сбрасывателем с применением программного модуля SolidWorks Flow Simulation позволило:

- определить распределение скорости воздушного потока в семенной камере высевающего аппарата при различных формах выступов высевающего диска;
- построить сравнительные графики изменения скорости воздушного потока между двумя смежными выступами высевающего диска в зоне сброса лишних семян;
- выявить влияние формы выступов высевающего диска на распределение воздушного потока внутри камеры аппарата и подтвердить рациональную форму выступов, оказывающую наименьшее влияние на сброс лишних семян в верхней части семенной камеры аппарата.

Литература и источники

1. Попов А. Ю. Выссевающий аппарат с принудительной герметизацией семенной камеры // Сборник научных трудов SWorld. По мат-лам междунар. науч.-практ. конф. "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития — 2011".

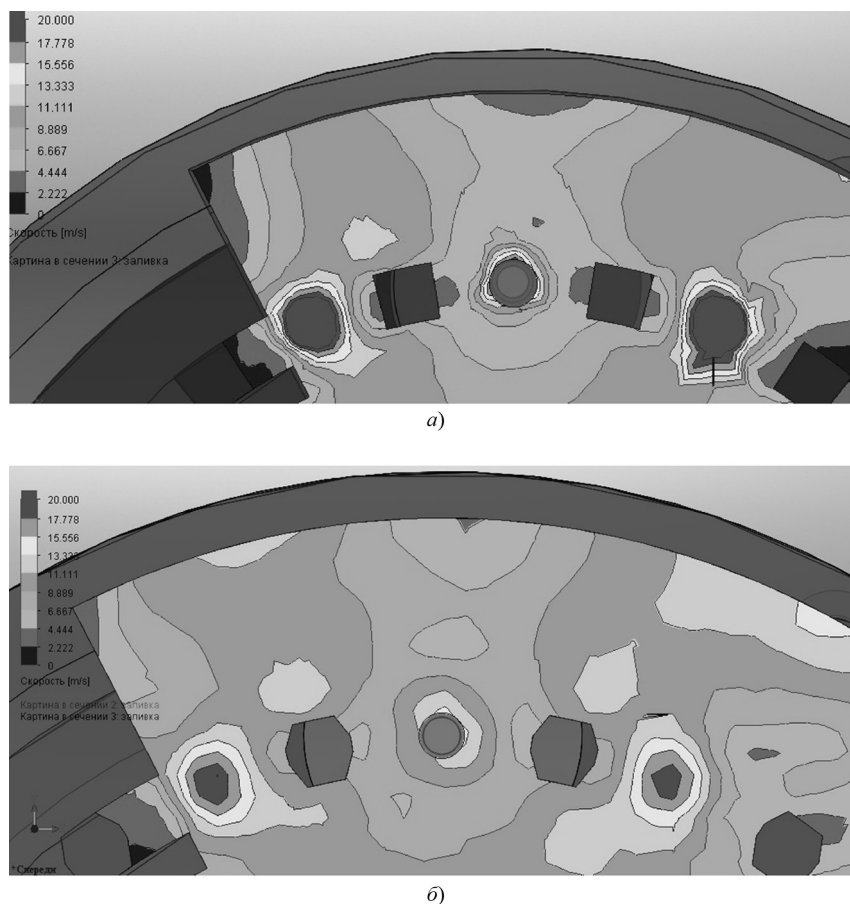


Рис. 1. Диаграммы распределения скорости воздушного потока в семенной камере высевающего аппарата при наличии выступов с плоскими стенками (а) или со срезанными углами (б)

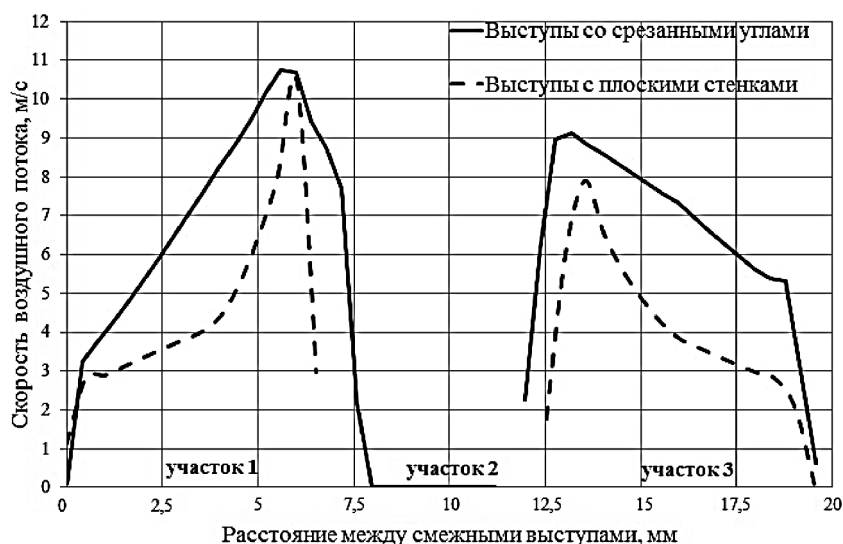


Рис. 2. Изменение скорости воздушного потока в зоне сброса лишних семян при различных вариантах исполнения выступов высевающего диска

Т. 2. Технические науки. — Одесса: Черноморье, 2011.

2. **Черноволлов В. А., Луханин В. А.** Расчет параметров дозирующего устройства распределителя минеральных удобрений для работы в системе координатного земледелия // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. — 2013, № 5.

3. **Попов А. Ю., Казачков И. А.** К теории дозирования семян пневматическим высевающим аппаратом избыточного давления // Инженерный вестник Дона. — 2014, № 2.

4. **Попов А. Ю.** Исследование высевающего аппарата избыточного давления с принудительной герметизацией семенной камеры // Научный журнал КубГАУ. — 2011, № 68 (04).

5. **Попов А. Ю.** Элементы герметизации высевающего аппарата избыточного давления // Тракторы и сельхозмашины. — 2014, № 6.

6. **Алямовский А. А.** и др. Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

7. **Пятаев М. В.** К вопросу определения рациональных геометрических форм

распределительных головок пневматических зерновых сеялок // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. — 2013, № 3.

8. **Пятаев М. В.** Моделирование параметров турбулизатора пневматического распределителя семян // АПК России. — 2013, т. 65.

9. **Попов А. Ю., Терновой Д. А.** Исследование влияния пневматического сбрасывателя семян на показатели качества дозирования высевающего аппарата избыточного давления // Вестник аграрной науки Дона. — 2013, № 1.