

Совершенствование конструктивных и технологических параметров малогабаритных пневматических сепараторов Ревенко В. Ю.

*Ревенко Валерий Юрьевич / Revenko Valerij Jur'evich - кандидат технических наук,
зав. лабораторией агротехнологий ФГБНУ,
Армавирская опытная станция ВНИИМК, г. Армавир*

Аннотация: по результатам анализа существующих конструкций лабораторных семяочистительных машин, а также на основании теоретических и экспериментальных исследований изготовлено несколько макетных образцов пневматических сепараторов различной конструкции с целью дальнейшей разработки лабораторного пневмосепаратора, обеспечивающего высокую точность разделения составляющих семенной смеси по аэродинамическим свойствам.

Ключевые слова: пневмосепаратор, аспирационный канал, воздушный поток, масличные культуры.

Введение. Известно, что семяочистительные машины, используемые для подготовки элитных семян различных сельскохозяйственных культур, нередко травмируют зерновки, а при очистке от низконатурных примесей иногда наблюдаются повышенные потери полноценных семян в отходах. В этой связи, совершенствование технологий и технических средств для очистки семян масличных культур, получаемых на начальных этапах проведения селекционных работ, является важной и актуальной задачей.

Результаты и обсуждение. Современные образцы лабораторных семяочистительных машин должны отвечать следующим требованиям: а) обеспечивать высокую эффективность очистки и сортирования семян; б) иметь устройство для равномерной подачи материала к аспирационному каналу; в) иметь модульную конструкцию, позволяющую в зависимости от поставленных задач отключать те или иные части сепаратора; г) компоновка должна обеспечивать свободный доступ оператора к любой полости для очистки машины после каждой партии семенного материала.

Удовлетворить практически все вышеназванные требования могут воздушные сепараторы. Технологический процесс очистки семян у них протекает следующим образом: ворох засыпают в питающе-дозировочное устройство (приемный бункер), откуда он, благодаря вибрации, подается в сепарирующие каналы. Разделение семенных смесей на фракции воздухом происходит за счет различия аэродинамических свойств частиц исходного материала. При этом наиболее летучие примеси уносятся воздушным потоком в осадочную камеру, либо циклон, а основная фракция семян ссыпается в нижний лоток.

Определить оптимальные параметры конструкции пневмосепаратора – сложная и неоднозначная задача. Какие размеры и форму должен иметь аспирационный канал, какова его оптимальная длина, какая должна быть скорость, равномерность и направленность воздушного потока (всасывающий или нагнетающий), какая форма осадочной камеры более эффективна, с какой скоростью и как должны вбрасываться семена в воздушный поток – эти и другие вопросы должны быть решены при разработке конструкции пневмосепаратора.

На начальном этапе нами была предпринята попытка смоделировать процесс прохождения и завихрения воздуха в камерах лабораторного сепаратора с помощью программного комплекса «FlowVision». Однако изучение результатов тестирования данного программного комплекса на предмет его применимости для расчета воздухопроводов и др. аэродинамических элементов дало противоречивые результаты. Известны исследования, проводимые в «НПО ЦКТИ», когда сравнивали результаты аэродинамического расчета воздуховода с помощью математического моделирования и результаты эксперимента на физической модели. При этом было получено некоторое несовпадение результатов расчета с экспериментальной отработкой на физической модели. В случае подачи в каналы аспирации вороха семян несовпадения получились бы еще более существенными. Программный комплекс «FlowVision» можно использовать для отработки воздухозаборных трактов с целью минимизации потерь полного давления. Как будет происходить транспортировка и витание сепарируемого материала в трактах - проще определить на физической модели. В результате, сотрудниками опытной станции было изготовлено несколько вариантов пневматических сепараторов, отличающихся: количеством и конструкцией осадочных камер, формой и размерами аспирационных каналов, расположением различных аэродинамических элементов, вариантами загрузочных устройств и др. параметрами.

В рамках данной статьи приведем пример оптимизации параметров канала аспирации пневматического сепаратора. Согласно экспериментальным исследованиям использование всасывающего потока имеет преимущество по конструктивным и эксплуатационным особенностям

[1]. Именно этот принцип создания воздушного потока использовали в конструкции разрабатываемого аспирационного канала. Учитывали также, что семена различных масличных культур имеют различные скорости витания, т.е. каждому варианту очищаемого вороха должна соответствовать своя скорость воздушного потока в канале аспирации [2]. Скорость воздуха в канале при очистке и сортировании семян должна составлять 0,8-0,9 от критической [3], и главное: она должна плавно изменяться от нуля до порогового значения, соответствующего парусности той или иной сельхозкультуры.

Важным условием, обеспечивающим качественное разделение зернового материала, является равномерность скоростного поля воздушного потока [1]. Для характеристики равномерности потока снимают эпюры скоростного поля. На равномерность воздушного потока в пневмосепарирующих устройствах оказывает влияние ряд факторов: режим движения потока, тип и конструкция вентилятора, шероховатость стенок канала или камеры, форма их поперечного сечения, наличие дроссельных устройств, условия входа воздуха в сепарирующее устройство, а также способ подачи исходного материала.

На примере аспирационного канала длиной 800 мм, с поперечным сечением 80x130 мм, покажем, каким образом было достигнуто повышение равномерности протекающего в нем воздушного потока. Скорость воздушного потока по площади сечения аспирационного канала определяли косвенным методом, путем измерения динамического напора микроманометром ММН-2 и пневмометрической трубкой Пито-Прандтля (рисунок 1). Замеры динамических напоров производили в соответствии с известной методикой [4]. Сечение аспирационного канала разбивали на несколько равновеликих площадей и в их центрах, в соответствии с рисунком 2, производили замеры напоров.

Измерения динамического давления производили при полной подаче воздуха во всасывающем тракте аспирационного канала. Для повышения точности измерений трубку Пито вставляли в прорезь резинового уплотнителя бокового отверстия канала.

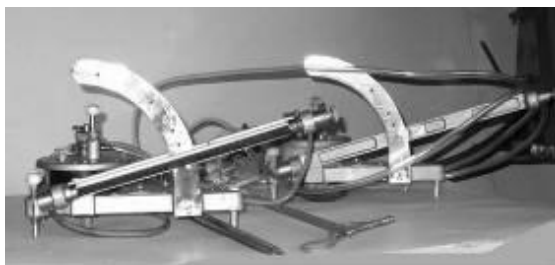


Рис. 1. Микроманометры ММН-2 и трубки Пито-Прандтля, подготовленные к измерениям

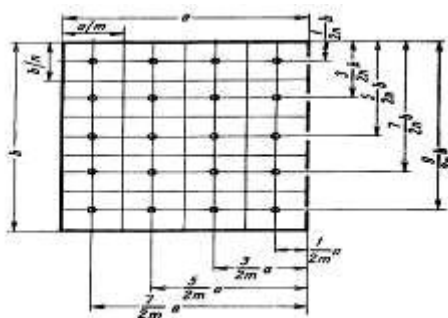


Рис. 2. Расположение точек замера динамических напоров в трубопроводе прямоугольного сечения

Давление измеряли в той части трубопровода, где поток семян входит в систему воздушной аспирации. Результаты измерений приведены на рисунке 3. На приведенной диаграмме оси абсцисс и ординат (X и Y) являются координатами точек установки трубки Пито в сечении аспирационного канала. Как видно из рисунка, распределение воздушного потока по сечению характеризуется крайней неравномерностью, пики давления, в несколько раз превышающие средние показатели, наблюдаются в верхней и крайней правой частях сечения. Очистка семенного вороха в аспирационном канале данной конструкции характеризовалась нестабильностью рабочего процесса. В отходы вместе с легкими и щуплыми семенами попадало от 20 до 30 % семян основной фракции, включая биологически ценные.

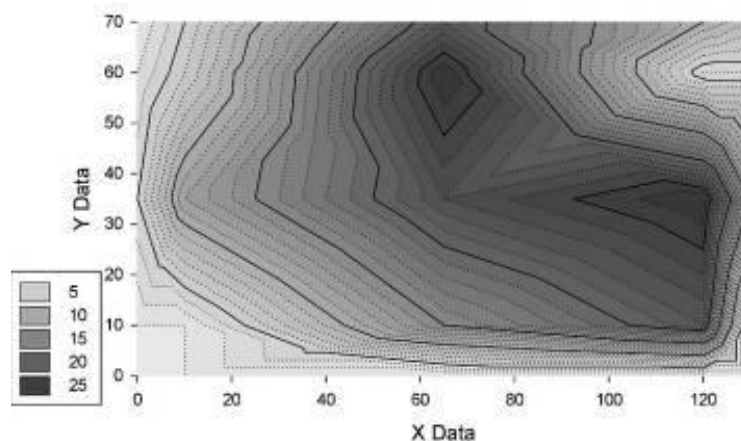


Рис. 3. Распределение динамического давления по площади сечения аспирационного канала

Изменение конструкции аспирационного канала (удлинение трубопровода и расширение его всасывающей части с одновременным скруглением заборного патрубка) позволило получить более равномерное распределение воздушного потока по площади аспирационного канала (рисунок 4). При этом коэффициент неравномерности воздушного потока снизился на 60 % (с 8,55 до 5,36). Данный показатель определяли как отношение стандартного отклонения скоростей в каждой исследуемой точке к среднему измеренному значению. Оптимизированная система прохождения воздуха по каналу гарантирует стабильность аспирации и качество сепарации основного продукта. Регулировка воздушного потока в широких пределах позволяет обрабатывать на данной машине практически любые семена масличных культур. Проблемы возникают только с соей, критическая скорость семян которой доходит до 15,5 м/с [5].

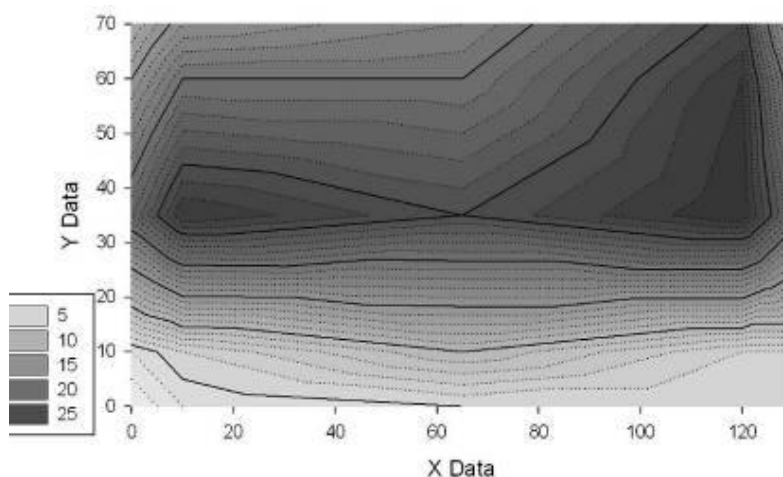


Рис. 4. Оптимизация воздушного потока во всасывающем трубопроводе

Определенные таким образом конструктивные параметры канала аспирации позволяют оптимизировать не только воздушный поток в нем, но и проследить за процессом сепарации вороха семян различных с.-х. культур. С помощью численного моделирования решение данной задачи было бы несколько затруднено, вследствие широкой вариации начальных и граничных условий. Используя методы физического моделирования, сотрудники опытной станции изготовили и исследовали в работе четыре варианта аспирационных каналов (см. рисунок 5). С ними сочетались различные варианты осадочных камер: прямоугольная, цилиндрическая, циклонообразная и др. Применение последних было более предпочтительным, т. к. легкие засорители вороха за счет центробежной силы на 96 % осаживаются в циклоне, а остатки мелкодисперсной пыли попадают в тканевый фильтр, что позволяет устанавливать машину внутри закрытых лабораторных помещений без опасности превышения предельно допустимой концентрации загрязнений воздуха.

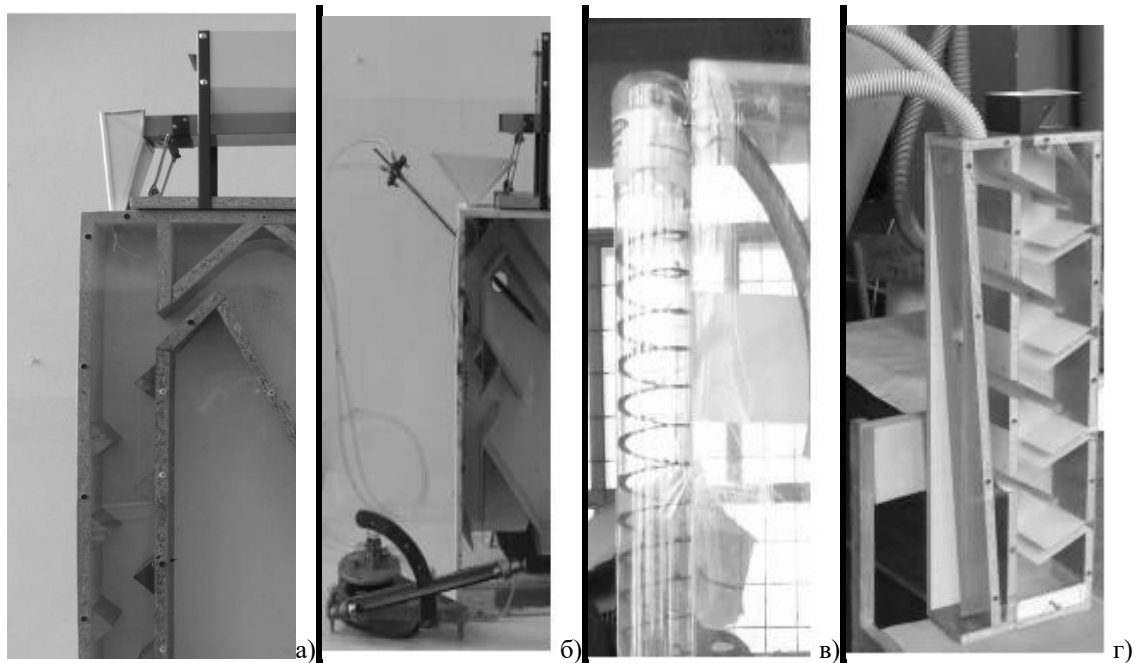


Рис. 5. Исследуемые варианты аспирационных каналов:
 а) зигзагообразный, б) с двумя осадочными камерами, в) спиралевидный, г) многоступенчатый

Параллельно проводили исследования с различными устройствами дозирования и подачи вороха на очистку. Были изготовлены и испытаны дозаторы с инерционным вибратором, с кривошипно-шатунным механизмом, с эксцентриковым приводом, с электромагнитным вибратором. Наиболее стабильные технологические параметры обеспечил вариант с электромагнитным вибратором на упругих стойках. Семена подсолнечника, сои и рапса подавались им равномерным тонким слоем в приемную горловину аспирационного канала.

В результате проведенных исследований было разработано и изготовлено несколько вариантов лабораторных пневмосепараторов. В рамках данной статьи показатели качества фракционирования ими семян не приводятся, однако отметим, что приемлемые и наиболее лучшие получены у варианта с многоступенчатым сепарированием семенного вороха.

Заключение. Исследования проводились на натуральных физических моделях пневматических сепараторов. При разработке конструкции системы воздушной аспирации основное внимание уделено оптимизации воздушного потока в сепарирующем канале и его плавной регулировке, что позволяет тонко настроить процесс доведения семенного материала до необходимой кондиции. В результате изготовления и испытания нескольких видов макетных образцов воздушных сепараторов были определены оптимальные параметры семяочистительной машины, наиболее полно удовлетворяющие требованиям к очистке масличных семян высших репродукций. Разработанные макетные образцы пневмосепараторов вполне удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к селекционным машинам: высокая эффективность очистки и сортирования семян, малые габариты, низкая повреждаемость защитной оболочки зерен, минимальное механическое воздействие на обрабатываемый материал, возможность тщательной очистки рабочих полостей машины от семян после каждой обработанной партии.

Литература

1. Тиц Э. Л., Анискин В. И. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчет. М.: Машиностроение. 1967, 447 с.
2. Орбинский В. И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации / Авторферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук, Воронеж. 2007.
3. Турбин В. Г. Вентиляторы сельскохозяйственных машин. М.: Машиностроение. 1968, 160 с.
4. Вальднер Н. К. Методика испытания сушильных установок ОНТИ ВИСХОМ, Москва. 1970, 190 с.
5. Кожуховский И. Е. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет и проектирование. М.: Машиностроение. 1974, 200 с.

© В. Ю. Ревенко, 2015