

SECTION 23. Agriculture. Agronomy. The technique

Seysen Zaurbekovich Kazakbaev

candidate of technical Sciences, correspondent member RAM, Taraz innovation and humanities university, Kazakhstan
seisen58@mail.ru

Nurlan Syrymbayevich Karymsakov

candidate of technical Sciences,
senior lecturer, Taraz state University named after M.Kh.Dulati, Kazakhstan
karymsakov.nurlan@mail.ru

Polatbek Kaldibaevich Seytpanov

candidate of technical Sciences,
Associate Professor, Taraz state University named after M.Kh. Dulati, Kazakhstan

Murat Musabekovich Bekmuratov

Candidate of technical Sciences, Associate
Professor, professor TARSU,
Taraz state University named after M.Kh. Dulati, Kazakhstan

INNOVATIVE TECHNOLOGY POSTHARVEST PROCESSING GRAIN

***Abstract:** Innovative technology in the area of receipt and processing of cereals and grain thrower-classifier is used for grain handling and cleanup mainly of grain and grain products from large, metallomagnetic, light impurities and dust, as well as for grain products and pre-drying. The results of research of the technological capabilities of grain thrower-classifier and the ways of their expansion.*

***Key words:** grain processing, cleaning of impurities pnevmorotorny classifier kalassifikator - grain thrower , processing efficiency , combining technological transshipment operations.*

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ
ЗЕРНА**

***Аннотация:** Инновационная технология относится к области приемки и обработки зерновых продуктов, а зернометатель – классификатор предназначен для перекидки, перегрузки зерна и очистки преимущественно зерна и зернистых продуктов от крупных, металломагнитных, легких примесей и пыли, а также для обеззараживания зернопродуктов и предварительной сушки. В работе приведены результаты исследования технологической возможности зернометатель – классификатора и пути их расширения.*

***Ключевые слова:** переработка зерна, очистка о примесей, пневмороторный классификатор, зернометатель-калассификатор, эффективность переработки, совмещение перегрузочных операции с технологическими.*

Послеуборочная обработка зерна направлена на приведение убранной с полей зерновой массы в стойкое состояние при сохранении или улучшении качества принятого зерна. Послеуборочная обработка зерна на току состоит из предварительной очистки, первичной очистки, временного хранения влажного зерна, сушки, вторичной очистки, сортировки. Влажность сорных примесей в зерновом ворохе составляет 40-

45%, а иногда и значительно больше. При хранении такого зерна в нем идет перераспределение влажности между примесью и зерном, что приводит к увеличению влажности зерна. Это дополнительные затраты на сушку зерна. Влагообмен между сорняками и зерном завершается в основном в первые сутки хранения, поэтому предварительная очистка зерна должна проводиться немедленно, как только зерно поступило на ток. Чтобы успешно справляться с этой работой, производительность машин первичной очистки должна быть в 1,5 раза больше производительности комбайнового парка.

Послеуборочная обработка зерна является одной из важнейших технологических операций, предохраняющая сохранность зерна. В отличие от существующей технологии очистки, основанной на применении большого набора громоздких, энергоёмких и дорогостоящих зерноочистительных машин и стандартных зерносушилок по предлагаемой технологии процесс обработки зерновых, состоит из трёх технологических операций: очистка–нормализация зернового вороха от мелких и лёгких примесей — половы, соломы, пыли и других лёгких включений, с одновременной осушкой поверхности зерна и его обеззараживанием.

Предварительная очистка выполняется на машинах МПО-50 и СПО-100, входящих в состав комплекса ЗАВ-50 и семенных линий, а также очиститель вороха самопередвижной ОВС-25, МС-4,5. В процессе предварительной очистки семян должно выделяться не менее 50% сорной примеси зерна и вся солоmistая органическая примесь. Очиститель вороха самопередвижной ОВС-25 предназначен для предварительной и первичной очистки поступающего с поля зернового вороха колосовых, крупяных, зернобобовых культур, кукурузы, сорго, подсолнечника от примесей на открытых токах во всех сельскохозяйственных зонах страны. Техническая характеристика- на первичной очистке влажностью до 16% и засоренностью не более 10% - 12 т/ч.

Известны зернометатели ЗМ-60, предназначенные для загрузки и разгрузки зерноскладов, механического перелопачивания зерна на площадках зернотоков, для формирования буртов зерна и погрузки в транспортные средства, сепарации зерна с отделением легких примесей, состоящие из системы скребковых конвейеров, ленточного метателя, ходовой части с электроприводами. Недостаток зернометателей: низкая технологическая эффективность отделения легких примесей из-за отсутствия пневмо-технологических классифицирующих устройств.

Инновационная технология относится к области приемки и обработки зерновых продуктов, а зернометатель – классификатор предназначен для перекидки, перегрузки зерна и очистки зерна от крупных, металломагнитных, легких примесей и пыли, а также для обеззараживания зернопродуктов. Технический результат инновационной технологии заключается в расширении технологических возможностей зернометателя-классификатора [1].

Это достигается тем, что на зернометателе между скребковым конвейером и ленточным метателем установлен пневмороторный классификатор, имеющий загрузочный и разгрузочный патрубки, распределительные клапаны с электромагнитами, кольцевой ротор с установленными внутри него межколесными регуляторами зазора, с наружной боковой стороны вильчатым скребком и патрубком отвода крупных примесей, а с торцевой стороны очистительным люком, пневмосепарирующую камеру, ограниченную с наружных сторон регулируемы жалюзийными решетками, одна из которых сообщена с патрубком всасывающего вентилятора, а с торцевой стороны смотровым окном.

Инновацией в технологии является то, что пневмороторный классификатор [2] установлен на зернометателе между скребковым конвейером и ленточным метателем, что позволит совместить перегрузочные операции с технологическими, как очистка

зерна от крупных, металломагнитных, легких примесей и пыли, а также как обеззараживание зернопродуктов. Распределительные клапана с электромагнитами не только обеспечивают равномерную подачу продукта по поперечному сечению, но и выделяют металломагнитные примеси.

Кольцевой ротор с установленными внутри него межколечными регуляторами зазора является просеивающим элементом. Продукт проходя через кольцевой ротор расслаивается на множество слоев, образуя свободные межзерновые пространства, что способствует эффективному воздействию воздуха на легкие примеси в вертикальной пневмосепарирующей камере.

Вильчатый скребок не только отделяет крупные примеси с поверхности кольцевого ротора, но и предотвращает забивание частиц между кольцами. В случае забивки внутренней части кольцевого ротора предусмотрены очистительные люки.

Сущность инновационной технологии поясняется чертежами. На рис.1 изображена принципиальная схема зернометателя-нормализатора, который состоит из зернометателя (ЗМ-60) и пневмороторного классификатора /2/. Основными элементами зернометателя являются скребковый конвейер 1 и ленточный метатель 7. Пневмороторный классификатор включает классификатор 5, всасывающий вентилятор 6, циклон-отделитель 4, воздухопровод 3 и рукавный фильтр 2. Классификатор 5 устанавливается между скребковым конвейером 1 и ленточным метателем 7.

Зернометатель-классификатор работает следующим образом. Зерно через скребковый конвейер 1 поступает на классификатор 5, где отделяются металломагнитные и крупные примеси. Легкие примеси, в том числе пыль и насекомые с пневмосепарирующей камеры классификатора 5 отсасываются при помощи вентилятора высокого давления 6 и подаются в циклон-отделитель 4, где отделяются легкие примеси, а пылевоздушная смесь через воздухопровод 3 направляются в рукавный фильтр, где осаждаются пыль. Очищенные от примесей зернопродукты с разгрузочного патрубка классификатора 5 поступают на бесконечную ленту зернометателя 7.

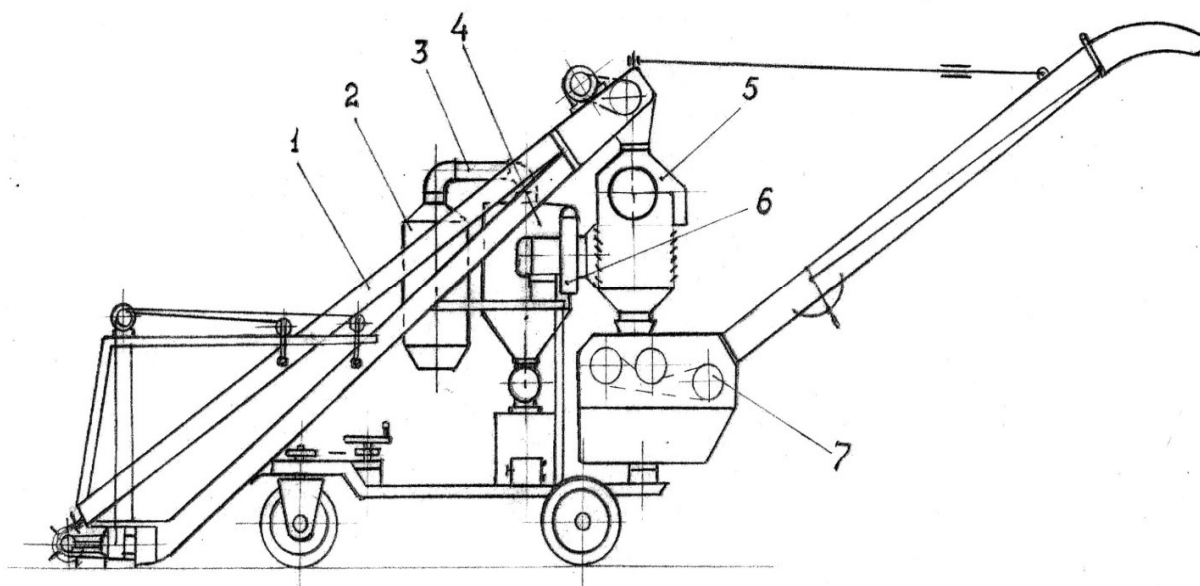


Рисунок 1 - Принципиальная схема зернометателя-нормализатора.

Методика проведения эксперимента

Пневмороторный классификатор отделяет из поступающей зерновой смеси крупные, металломагнитные легкие примеси и насекомые. Основные задачи экспериментальных исследований:

1. Определение оптимальной толщины поступающего слоя зерна и частоты вращения кольцевого ротора при которых отделяются крупные примеси и создание равномерного распределения расслоенного зерна по площади поперечного сечения пневмосепарирующей камеры.

2. Определение оптимальной толщины поступающего слоя зерна, которая расслаивается от кольцевого ротора и длины всасывающего жалюзного патрубка, при которых достигается максимальная эффективность очистки зерна от легких примесей.

Для определения рациональных параметров и режимов работы пневмороторного классификатора изготовлена экспериментальная установка, показанная на рис 2. Установка состоит из приёмного бункера I с заслонкой 2, одной секции 3 классификатора 4, сборника крупных примесей 6, бункера для очищенного зерна 9, циклона-отделителя 15. Всасывающий жалюзный патрубок 16 секции классификатора 3 соединён с отделителем 15 через боковое отверстие. Рабочая длина всасывающего жалюзного патрубка 16 регулируется шибером 18. Отделитель 15 соединён с всасывающим вентилятором через воздухопровод 17.

Кольцевой ротор 13 состоит из колец 14 (сечение А-А), поперечных пластин 19, к которым к торцам присоединены две ступицы 10 с валом 12. Кольца 14 образуют продольные отверстия по окружности и являются просеивающим элементом ротора. Кольцевой ротор 13 имеет скребок 4 для очистки застрявших частиц продукта между кольцами 14. Пневмосепарирующая камера 8 находится между всасывающим жалюзным патрубком 16 и жалюзийной решёткой 7.

Экспериментальный классификатор работает следующим образом. Зерновая масса с приёмного бункера I через заслонку 2 поступает на вращающийся кольцевой ротор 13. При этом крупные примеси, оставаясь на поверхности колец 14, направляются в патрубок 5 и выгружаются в сборник крупных примесей 6. Застрявшие в отверстиях между кольцами крупные примеси очищаются скребком 4. Очищенное от крупных примесей зерно, перемещаясь вниз, проходит через продольные отверстия, образованных по окружности кольцами 14 и поступает в пневмосепарирующую камеру 8. При этом общий зерновой поток расслаивается и распределяется на множество слоев, между которыми образуются свободные межзерновые пространства.

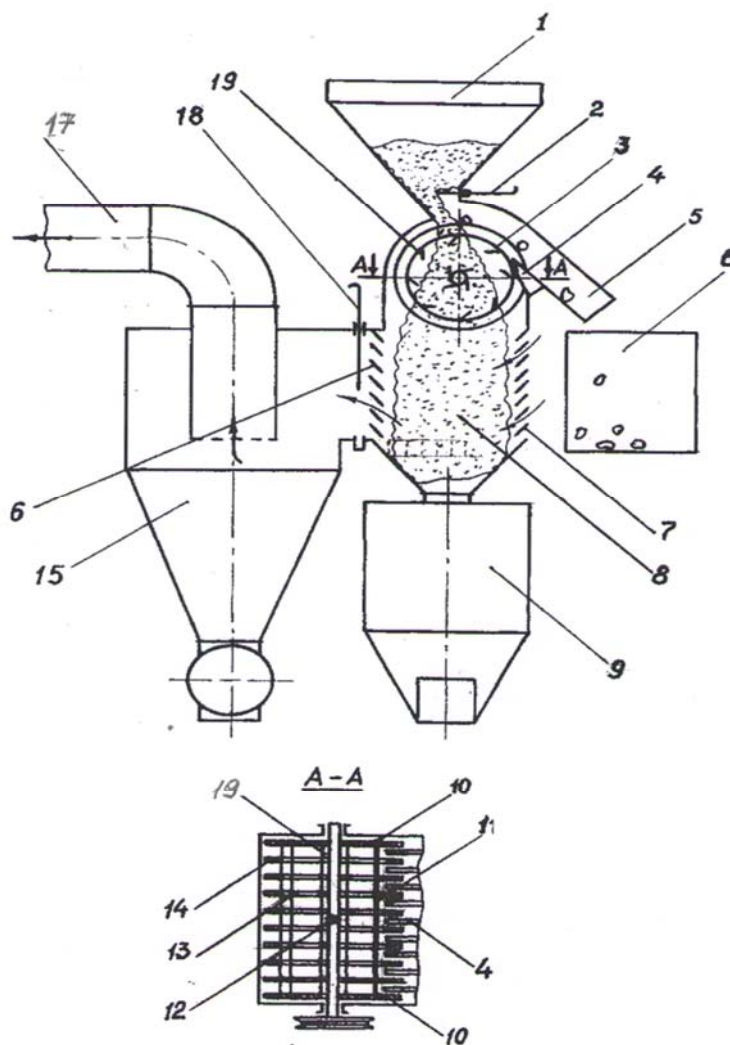


Рисунок 2 - Экспериментальная установка.

В вертикальной пневмосепарирующей камере 8 равномерно распределённые по площади сечения зерновые слои продуваются в поперечном направлении воздухом. Воздух при этом входит через жалюзную решётку 7, пронизывает свободные межзерновые пространства, унося за собой лёгкие примеси и направляется через всасывающий жалюзный патрубок 16 в отделитель 15, где происходит отделение лёгких частиц от воздушной смеси.

Расстояние между кольцами ротора равно максимальному размеру зерновок (около 12 мм), при котором зерновой поток свободно перемещается вниз под действием силы тяжести. Диаметр колец ротора 380 мм, ширина пневмосепарирующей камеры 450 мм. Максимальная длина всасывающего жалюзного патрубка, жалюзных решёток и расстояние между ними по 400 мм.

Порядок проведения эксперимента

Эксперименты проводились в два этапа. Первый этап заключался в определении рациональной частоты вращения ротора, количества поперечных пластин внутри колец и вала ротора в зависимости от толщины поступающего слоя зерна, при которых обеспечивается равномерное распределение потока зерна и образуются свободные

воздушные прослойки внутри сепарирующей камеры. Как известно, достаточное пространство в зерновом потоке способствует эффективному уносу лёгких примесей воздухом. Второй этап заключается в установлении рациональной рабочей длины всасывающего жалюзного патрубка в зависимости от толщины поступающего слоя зерна, при котором также будет обеспечиваться максимальная эффективность очистки зерна от лёгких примесей.

Для осуществления первого этапа эксперимента в нижней части, внутри пневмосепарирующей камеры установлен короб, разделенный в продольном направлении на 10 одинаковых отсеков. Расстояние между отсеками составляет 40 мм. Через вращающийся, кольцевой ротор пропусклось зерно массой 200 кг. Проходя через щели между колец, зерновой поток разбрасывается поперечными пластинами по всей ширине пневмосепарирующей камеры. По высоте зерна в отсеках короба можно оценить о равномерности распределения зернового потока по поперечному сечению пневмосепарирующей камеры. При этом коэффициент равномерности:

$$k_p = h_{\min}/h_{НОМ} \quad \text{и} \quad k_p = h_{НОМ}/h_{\max}, \quad (1)$$

где h_{\max} - максимальная высота зерна в отсеках,

$h_{НОМ}$ - номинальная высота зерна в целом коробе, когда обеспечивается одинаковая высота во всех отсеках,

h_{\min} - минимальная высота зерна в отсеках.

$$k_{cp} = K_{pi}/n \quad (2)$$

По высоте заполнения зерна в отсеках короба, внутри сепарирующей камеры, можно внести соответствующие изменения в конструкции рабочего органа (количество и направление, угол наклона и высота поперечных пластин внутри цилиндра, частота вращения ротора и др.).

Пределы изменения факторов: частота вращения ротора от 10 до 60 об/мин. Толщина поступающего слоя зерна от 20 до 70 мм; количество поперечных пластин, прикреплённых на валу ротора от 3 до 6 штук. Предельное значение частоты вращения кольцевого ротора ограничивается допустимым значением её n_p при котором частицы зернового потока находящиеся на торцевой внешней поверхности кольца будут отрываться за пределы габаритов ротора и попадут в бункер для крупных примесей.

Максимальные значения количества поперечных пластин ограничивается возможностью свободного истечения зерна через щели, образованных кольцами ротора и пластинами.

В результате экспериментальных данных выявлено, что при расстоянии между кольцами, равном максимальному размеру двух-трёх зерновок (12 мм) и при вращении кольцевого ротора с частотой вращения $n_p = 25 - 45$ об/мин крупные примеси, размеры которых превышают зазор между кольцами, полностью отделяются из поступающего зернового слоя, что весьма важно для последующих технологических операций.

В результате первого этапа экспериментальных исследований установлено, что большой коэффициент равномерности распределения зерна $Kp = 80 - 92\%$ достигается при частоте вращения кольцевого ротора n_p , - 30 - 40 об/мин и толщины поступающего слоя $H_{сл} = 30 - 50$ мм.

На втором этапе эксперимента приняты следующие значения факторов: толщина поступающего слоя зерна $h = 30 - 70$ мм; рабочая длина всасывающего жалюзного патрубка $L = 60 - 200$ мм.

Эффективность очистки зерна на данной установке оценивалась через коэффициент извлечения лёгкой примеси из зерновой массы;

$$k_u = \left(1 - \frac{m}{m_o}\right) 100 \% \quad (3)$$

где m_0 и m - массы лёгкой примеси (аэродинамически отделимой) в зерновой смеси соответственно до и после очистки. Содержание легкой примеси в зерновой массе до и после очистки ее определялась по известной методике [3].

Во втором этапе эксперимента принято: толщина поступающего слоя зерна $h=30...70$ мм; рабочая длина всасывающего железного патрубка $L=80...400$ мм.

Эффективность очистки зерна оценивали коэффициентом извлечения легкой примеси из зерновой массы:

$$K_i = (1 - M/M_0) 100\%$$

где: M_0, M - массы легкой примеси (аэродинамически отделимой) зерновой смеси соответственно до и после очистки.

Исследования показали что максимальный коэффициент извлечения легких примесей 78-80% имеет место при толщине поступающего слоя зерна 30мм. и длине всасывающего жалюзного патрубка $L=400$ мм. При $h=30$ мм. кольцевой ротор расслаивает проходящий через кольца зерновой поток на множество слоев и равномерно распределяет по площади поперечного сечения пневмосепарирующей камеры, образуя свободные межзерновые пространства, и воздушный поток пронизывая его эффективно воздействует на легкие примеси и выносит их из зоны классификации. При $L=400$ мм. равномерно распределенный поток зерна эффективне подвергается воздействию воздушного потока.

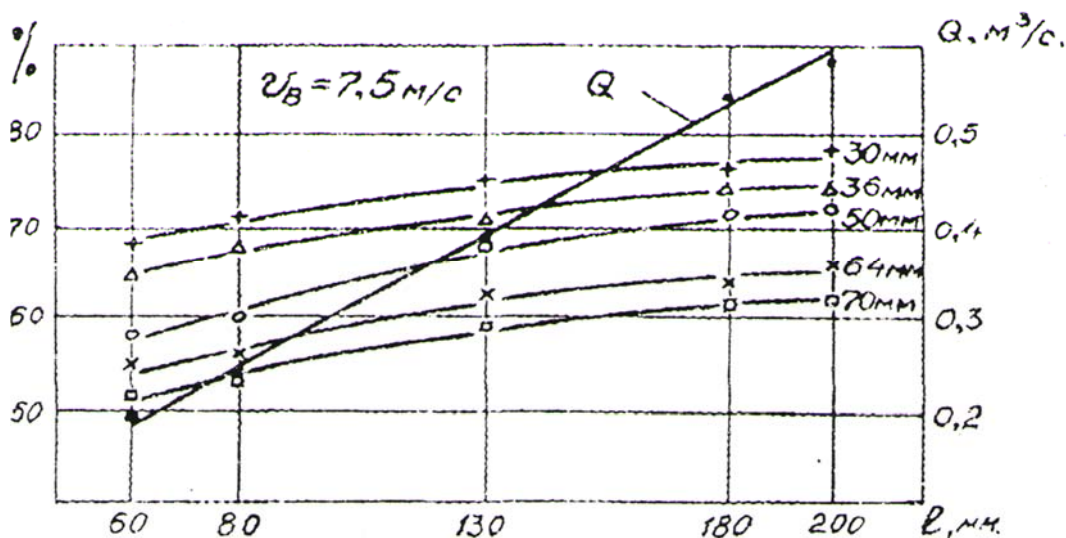


Рисунок 3 – Зависимость η и Q от l при различных h .

Обработка экспериментальных данных позволила получить математическую модель процесса очистки зерна от легких примесей в зависимости от h и l :

$$K = 46,98 + 601,36h + 18,23 L + 714,29h L - 3137,76h^2 - 546 L^2.$$

Сравнение результатов экспериментальных исследований с расчетными коэффициентами извлечения легких примесей показало, что максимальное отклонение составляет не боле 7%.

Результаты

1. При частоте вращения кольцевого ротора $Pr=30...40$ об/мин и при расстоянии между кольцами равном 15мм, крупные примеси размеры которых превышают зазор между кольцами, полностью отделяются из поступающего слоя зерна.

2. Максимальный коэффициент извлечения легкой примеси $K=78...80\%$ имеет место при толщине поступающего слоя зерна $h=30$ мм и длине всасывающего жалюзного патрубка $L=400$ мм.

Математическая модель коэффициента извлечения лёгких примесей k (%) в зависимости от толщины поступающего слоя зерна h (м) и длины всасывающего жалюзного патрубка L (м).

$$k = 46,96 + 601,36 h + 18,23 L + 714,29 hL - 3137,76h^2 - 546 L^2 \quad (4)$$

Анализ результатов экспериментальных исследований и выводы.

Экспериментальные исследования выявили закономерности влияния толщины поступающего слоя зерна и длины всасывающего жалюзного патрубка на степень очистки зерна от лёгких примесей.

Коэффициент извлечения лёгкой примеси, при уменьшении толщины поступающего слоя зерна с 70 до 30 мм и длине всасывающего жалюзного патрубка $L=200$ мм, существенно увеличивается с 67 до 80%. Это обуславливается тем, что при малых толщинах зерновая масса, проходя через кольцевой ротор, расслаивается на множество малых потоков, при этом образуются свободные межзерновые пространства, что позволяет в пневмосепарирующем канале ослабить силы внутреннего сцепления частиц зерна и лёгких примесей и тем самым способствует эффективному воздействию воздушного потока на лёгкие примеси в пневмосепарирующем канале.

Значение коэффициента извлечения лёгких примесей увеличивается с 69 до 78% при увеличении длины всасывающего жалюзного патрубка, что обусловлено длительностью пребывания зерновой массы в зоне разделения, а значит дольше подвергается воздействию воздушного потока.

На основании полученной математической модели (формула 4) построены расчётные графики зависимости коэффициента извлечения легкой примеси K от толщины поступающего слоя зерна h и от длины всасывающего жалюзного патрубка L . Характер кривых графиков полученных расчётным путём совпадает с экспериментальными кривыми. Значения степени очистки зерна от лёгких примесей, полученные расчётным путём близки к экспериментальным данным. Расхождения составляют 3 - 4%. Следовательно, полученная математическая модель (формула 4) адекватна реальному процессу.

ВЫВОДЫ

1. В результате первого этапа эксперимента выявлено, что при расстоянии между кольцами равному максимальному размеру зерновок ($l \approx 12$ мм.) и при вращении кольцевого ротора с частотой $n_p = 25 - 45$ об/мин крупные примеси, размеры которых превышают зазор между кольцами, полностью отделяются из поступающего зернового слоя. Также установлено, что большой коэффициент равномерности распределения зерновой массы $K_p = 80 - 92\%$ по площади поперечного сечения пневмосепарирующей камеры достигается при частоте вращения кольцевого ротора $n_p = 30-40$ об/мин, и толщине поступающего слоя зерна $h_{сл} = 30-50$ мм.

2. Для эффективной очистки зерна от лёгкой примеси следует устанавливать толщину поступающего слоя зерна $h_{сл}=30$ мм при котором кольцевой ротор равномерно распределяет зерновую массу по площади поперечного сечения камеры с образованием свободного пространства, что способствует интенсифицированию процесса извлечения лёгких примесей из пневмосепарирующей камеры.

3. Извлечение примесей необходимо производить при длине всасывающего жалюзного патрубка не менее 200мм, при котором очищаемая зерновая масса дольше находится в зоне классификации, что позволит повысить эффект очистки.

References:

1. Барабаш Ю.Г. Процессы в воздушном сепараторе с комбинацией замкнутого и разомкнутого циклов воздуха. - Дис. канд. техн. наук. - Москва, 1986, - 202 с.
2. Веденьев В.Ф. Совершенствование пневмосепарирующего оборудования зерноперерабатывающих предприятий // обзорная информация серия мукомольно-крупяная промышленность. - М.: ЦНИИТЭИ Мин, хлебопродуктов СССР, 1988. - 48 с.
3. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях - 2-е изд. перераб. - М.: Колос, 1980, - 304 с.
4. Демский А.Б., Веденьев В.Ф. Основные направления совершенствования пневмосепарационного зерноочистительного оборудования. - М.: ЦНИИТЭИЛегпищемаш, 1978. - 73 с.
5. Дэвидсон И., Харрисон Д. Псевдооживление. - М., Химия, 1974.-430 с.
6. Злочевский В.Л. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов. - Дис. доктора техн. наук. -Новосибирск, 1986, — 473 с..
7. Зуев Ф.Г., Абделиев Д.Д., Казахбаев С.З. Отделение легких примесей от зернопродуктов. Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана.-1990.- №6. - с.110-115
8. Карпов Б.А. Технология послеуборочной обработки хранения зерна. -М.: Агропромиздат , 1987. - 288 с.
9. Пунков С.П., Изтаев А.И. Послеуборочная обработка зерна.- Алма-Ата : Кайнар, 1982, - 167 с.
10. Разворотнев А.С, Обеспыливание зерна при приёмке. Мукомольно-элеваторная промышленность и комбикормовая промышленность. - 1987. - № 4. -с. 19 - 21
11. Разворотнев А.С. Использование аэродинамических транспортёров для обеспыливания зерна пшеницы. Хлебопродукты. - 1989. - № 4. - с. 19-21.
12. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. - М.; Лёгкая индустрия, 1974. - с.264 - 266.
13. Казакбаев С.З., Баубеков С.Д., Немеребаев М., Сейтпанов П.К., Казахбаев Б.С. АС.№65792 на изобретение РК , от 04.08.2009г. «Пневмороторный классификатор».
14. Казакбаев С.З., Сейтпанов П.К., Баубеков С.Д.,Казакбаев А.С. АС.№70124 на изобретение РК, от 01.06.2010г. «Зернометатель – классификатор».
15. Ковальская Л.П. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств.- М.: Агропромиздат, 1991.335 с