

ISBN: 978-93-90547-65-8

**JUSTIFICATION OF PARAMETERS AND MODES OF MACHINE
OPERATION FOR POST-HARVEST CLEANING OF DESERT
SEEDS FORAGE PLANTS (IZEN)**



KUIBAKOV BAKHODIR BAYDULLAEVICH



Published by
Novateur Publication
466, Sadashiv Peth, M.S.India-411030

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА
АЛМАЛЫКСКИЙ ФИЛИАЛ**

Факультет “Горное дело и металлургии”

Кафедра “Общепрофессиональных и экономических дисциплин”

КУЙБАКОВ БАХОДИР БАЙДУЛЛАЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАШИНЫ
ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОЧИСТКИ СЕМЯН ПУСТЫННЫХ
КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ (ИЗЕНЬ)**

МОНОГРАФИЯ

Ташкент – 2022

Монография на тему «Обоснование параметров и режимов работы машины для послеуборочной очистки семян пустынных кормовых растений (изень)» рассчитана для студентов бакалавриата и магистрантов.

Составитель: к.т.н., и.о.доцент Куйбаков Б.Б. кафедры
«Общепрофессиональных и экономических
дисциплин» Алмалыкского филиала
ТашГТУ им.Ислама Каримова

Рецензенты: д.т.н. Фарманов Э.Т. доцент кафедры «Эксплуатация
машинно-тракторного парка»
ТИИИМСХ

к.т.н., и.о.доцент Рискулов Х.А. кафедры
«Общепрофессиональных и экономических
дисциплин» Алмалыкского филиала
ТашГТУ им.Ислама Каримова

Монография обсуждена и рекомендована к печати протоколом №____ от
« ____ » _____ 2022 года учебно-методическим Советом Алмалыкского
филиала Ташкентского технического Университета имени Ислама Каримова.

О Г Л А В Л Е Н И Е

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| В В Е Д Е Н И Е | 4-7 |
| I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ | 8-41 |
| I.1. Основные кормовые растения, используемые для улучшения пустынных пастбищ. | 8 |
| I.2. Машины и устройства по очистке семян пустынных кормовых растений | 12 |
| I.3. Анализ теории очистки сыпучих семян | 25 |
| I.4. Анализ теории очистки семян пустынных кормовых растений | 34 |
| 2. АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОРОХА СЕМЯН ИЗЕНЯ | 42-49 |
| 2.1. Фракционный состав вороха | 42 |
| 2.2. Физико-механические характеристики вороха семян изеня | 43 |
| 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СЕМЯН ОТ ПРИМЕСЕЙ | 50-68 |
| 3.1. Особенности разрабатываемого метода | 50 |
| 3.2. Метод расчета технологии очистки семян | 51 |
| 3.3. Особенности программы расчета технологии очистки семян | 60 |
| 3.4. Расчет и исследование на ЭВМ технологии очистки семян изеня | 63 |
| 4. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ | 69-91 |
| 4.1. Программа исследований | 69 |
| 4.2. Методика исследований | 70 |
| 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. | 92-105 |
| 5.1. Результаты проведения экстремального планированного эксперимента по оптимизации параметров и режимов работы | 92 |
| 5.2. Получение математических моделей послеуборочной очистки семян изеня. | 93 |
| 5.3. Распознавание образа функции откликов. | 95 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 5.4. Анализ целевой функции методом двумерных сечений. | 97 |
| 5.5. Поиск условного экстремума математической модели на ЭВМ. | 101 |
| 5.6. Экспериментальное исследование очистки семян на пневмосепа- рирующем канале. | 103 |
| 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СЕМЯН ИЗЕНЯ. | 106-113 |
| 6.1. Хозяйственные испытания семяочистительной машины. | 106 |
| 6.2. Расчет экономической эффективности очистки семян вороха изеня . . . | 110 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Пастбища аридной зоны Республики Узбекистан, занимающие около 84% (32 млн. га) сельскохозяйственных угодий, являются основной кормовой базой каракульского овцеводства и других животных. Но вместе с тем надо отметить, что в настоящее время продуктивность их не превышает 1,5- 3,0 ц/га кормовой массы в пересчете на сухое вещество, что не отвечает современным требованиям по развитию данной отрасли.

Отмеченные недостатки пастбищ сдерживают стабильное развитие каракулеводства – важнейшей отрасли сельского хозяйства. В этой связи дальнейшее развитие каракулеводства тесно взаимосвязано с задачей реализации мероприятий по укреплению кормовой базы, повышению продуктивности пустынных и полупустынных пастбищ, путем посева семян пустынных кормовых культур, таких как изень, камфаросма, полынь, терескен, кейреук и др.

В свете сказанного разработка и внедрение системы и методов повышения продуктивности пустынных пастбищ представляют важную научно-техническую задачу, требующую комплексного и научно-технического прогресса в каракулеводства.

Для коренного улучшения пастбищ требуется большое количество семян пустынных кормовых растений, которое можно достичь использованием механизации всех процессов подготовки семян.

Но в настоящее время семена этих культур заготавливаются в основном вручную и частично механизированным способом. Семена, заготовленные вручную, как правило, низкого качества, очень засорены и не соответствуют требованиям ТУ 46-809-72.

Большое содержание посторонних примесей отрицательно влияет на проведение последующих операций, таких как транспортирование, хранение и посев. Так, при проведении процесса дражирования семян чистота семян должна быть не менее 90-95 % / 25/.

Семенной ворох, убраный комбайном СК-5 «Нива» с одновременной чисткой на аэромеханическом сепараторе, не соответствует требованиям семеноводческих хозяйств и агротехническим требованиям на посевные качества, поэтому предстоит дополнительно очищать на стационарных машинах.

В связи с изложенным выполнена данная работа по очистке семян пустынных кормовых растений, в частности изеня.

В монографии поставлены цель и задачи исследования:

- разработка технологии очистки семян с доведением их до степени чистоты, соответствующей ТУ 46-809-72. Обоснование параметров и режимов работы семяочистительной машины.

В соответствии с этим поставлены следующие задачи:

- изучение фракционного состава и некоторых физико-механических свойств семенного вороха изеня после частичной очистки на комбайне;
- разработка технологии очистки семян от примесей;
- разработка опытного образца семяочистительной машины;
- экспериментальные исследования процесса сепарации семян, оптимизация основных параметров и режимов работы семяочистительной машины;
- определить экономическую эффективность переоборудованной семяочистительной машины.

Объектами исследования являются семенной ворох изеня, убраный комбайном СК-5 «Нива» с предварительной очисткой на аэромеханическом сепараторе, и семяочистительная машина МОС-0,2.

В процессе исследования применялись стандартные методика исследований. Теоретические расчеты проведены с применением ЭВМ и методов математической статистики.

Результаты эксперимента обрабатывались методами математической статистики и планирования эксперимента с применением ЭВМ.

Научная новизна монографии является разработанный метод исследования технологии очистки семян с применением ЭВМ, обоснование оптимальной

технологии очистки семян в зависимости от характеристики исходного материала и критериев эффективности технологии.

Разработанная математическая модель позволяет обосновать параметры и режимы работы решетного стана.

Практическая ценность работы заключается в разработке технологического процесса очистки семян и семяочистительной машины позволяющей повысить качество семян, снизить затраты и улучшить условия труда.

1.1. Основные кормовые растения, используемые для улучшения пустынных пастбищ

Современное состояние пустынных пастбищ Узбекистана, являющихся основной кормовой базой каракулеводства, тесно взаимосвязано с задачей по реализации научно обоснованных и эффективных мероприятий.

По данным Н.Т.Нечаевой и Н.Н.Пельт /1/, пастбища в сельскохозяйственных угодьях занимают в Узбекистане – 84, в Таджикистане и Южном Казахстане -89, в Туркменистане – 95 %. Однако их продуктивность низка и не превышает в пересчете на сухое вещество 1,5-3,90 ц/га кормовой массы /16/.

В этой связи возникает необходимость создания высокопродуктивных долгодетных пастбищ, которые обеспечили бы круглогодичное пастбищное содержание и сбалансированное кормление каракульских овец.

Известно, что для создания высокопродуктивных пастбищ и улучшения естественных кормовых угодий пустынь и полупустынь наиболее перспективными дикорастущими кормовыми растениями являются в основном кустарники и полукустарники: изень, полынь, камфаросма, белый и черный саксаул, терескен, чогон, кейреук, черкез Палецкого и др.

ВНИИК по результатам многолетних исследований рекомендует для создания долгодетных пастбищ осенне-зимнего и круглогодичного использования из расчета: кустарников (саксаул черный, черкез Рихтера и чогон) – 25%,

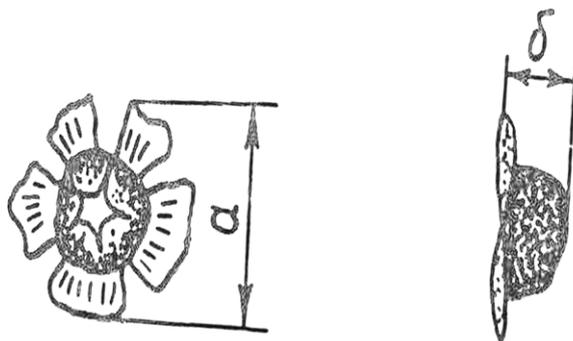
полукустарников (изень, кейреук, полынь,) – 60%, трав (мятлик луковичный, эфемеры) -15%; для пастбищ весенне-летнего использования рекомендуется посев полукустарников (изень каменистый и глинистый, терескен, камфаросма) – 70%, трав (мятлик луковичный) – 30% /16/.

Наибольший интерес с точки зрения кормовой ценности, урожайности и засухоустойчивости представляет такая кормовая культура, как изень.

Исследователями Л.С.Гаевской, С.Г.Головченко, З.Ш.Шамсутдиновым Рис.1.1.

Семена изеня с крылатками.

изучена семена изеня по биологическим характеристикам, а также их



агротехника выращивания.

Изень, прутняк – **Kochia prostrata (L) Schrad** – полукустарник из семейства маревых, высотой 30-75 см. Семена округло-овальные или почти круглые с кольцевым зародышем. Околоцветник волосистый при плодах,

закрытый, пятимерный с закругленными и заостренными продолговатыми придатками, по краю округлозубчатый с более темными жилками (рис.1.1).

Изень засухоустойчив, экономно расходует влагу на транспирацию, требователен к теплу и свету. Одной из биологических характеристик – это способность к непрерывной вегетации в течение засушливого и жаркого лета.

Продуктивное долголетие изеня 15 – 20 лет. В течение всего этого периода он дает высокие урожаи кормовой массы и семян. Изень – ценное кормовое растение, хорошо поедаемое овцами, козами, верблюдами на протяжении всего вегетационного периода. Изеневый корм содержит 10,5-10,6% сырого протеина, 2,7-3,28% жира, 39,5-43,5% БЭВ и 30,86-38,84% клетчатки. В зависимости от сезонов года в 100 кг абсолютно сухого корма содержится 83,5-45,9 кормовых единиц.

Изень – широко распространено в Узбекистане, Казахстане, Киргизстане, Нижнем Поволжье, Ставропольском крае. В улучшенных пастбищах в зависимости от района дает высокие урожаи в пределах 15-40 ц/га воздушно-сухой массы.

Для коренного и поверхностного улучшения пастбищ требуется большое количество семян изеня. В этой связи следует отметить, что его семена, заготавливаемые вручную, имеют низкое качество и засорены.

Отсюда возникает задача организации механизации заготовки семян изеня. Однако специфичность физико-механических свойств его семенного вороха (табл.1.1), т.е. семенной ворох относится к нессыпучим и малоссыпучим материалам /18, 20, 28/. Кроме того, в нем имеется много крупных примесей /21/, а сами семена легко поврежденные, легкие и мелкие, что создает трудности в организации механизации подготовки семян /18/.

Таблица 1.1
Сравнительная характеристика физико-механических свойств семян культурных и пустынных кормовых растений

| Культура | Размеры семян, мм | | | Объемная масса, кг/м ³ | Масса 1000 шт. семян, г | Сыпучесть семян |
|-----------------|-------------------|----------|----------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|
| | толщина | ширина | длина | | | |
| Люцерна | 0,5-1,3 | 0,8-2,5 | 1,1-2,5 | 700-750 | 1,5-1,9 | полу сыпучие |
| Ежа сборная | 0,6-1,1 | 0,9-1,3 | 4,5-6,1 | 620-1060 | 0,85-1,46 | слабо сыпучие |
| Костер безостый | 0,6-1,1 | 1,2-2,1 | 8,0-12,5 | 820-1220 | 2,75-4,08 | несыпучие |
| Мятлик луговой | 0,5-0,7 | - | 2,5-3,2 | 540-1020 | 0,290-0,36 | несыпучие |
| Изень: | | | | | | |
| Каменистый | 0,8-2,3 | 1,6-3,8 | 1,6-3,8 | 215-240 | 1,31-2,0 | мало сыпучие |
| Глинистый | 0,6-2,1 | 1,9-3,9 | 1,9-3,9 | 220-250 | 1,4-2,3 | несыпучие |
| Песчаный | 1,0-2,5 | 1,9-4,1 | 1,9-4,1 | 133-150 | 1,5-1,8 | несыпучие |
| Саксаул | 1,1-3,6 | 4,5-10,5 | - | 92-98 | 2,1-4,9 | несыпучие |
| Чогон | 1,6-3,8 | 6,0-16,0 | - | 90-94 | 12,3-16,1 | несыпучие |
| Черкез | 2,8-4,5 | 8,0-19,0 | - | 36-49 | 12,3-16,1 | несыпучие |

1.2. Машины и устройства по очистке семян пустынных кормовых растений

В настоящее время семена пустынных кормовых растений заготавливаются в основном вручную и частично механизированным способом. Трудность очистки семян обуславливается резким различием физико-механических свойств как самих растений, так и их семян в сравнении с возделываемыми в настоящее время культурными растениями, а также отсутствием специальных уборочных и очистительных машин. Но несмотря на это, научно-исследовательские организации и исследователи предложили машины (табл.1.2) и технологии для заготовки и очистки семян пустынных кормовых растений /18/.

Наибольший интерес представляет комбайн СК-5 «Нива» для уборки семян пустынных кормовых растений, переоборудованный по разработкам ТИИИМСХ. Эта машина состоит из следующих частей: жатки, наклонного транспортера, молотильного аппарата, соломотряса, вакуум-клапана, пневмотранспортера, аэромеханического сепаратора и опрокидывающего бункера /18, 19/.

Технологическая схема работы машины (рис.1.2) заключается в следующем: мотовило 2 подводит своими планками стебли растений к режущему аппарату 1. Срезанные этим аппаратом стебли транспортируются шнеком к центру жатки, далее наклонный транспортер 3 скошенную массу подает к молотильному барабану.

При обмолоте семенная смесь (семена, веточки, мелкие примеси) просыпается через отверстие деки 7 и попадает на стрясную доску. Остальная масса (стебли, ветки) после действия отбойного битера 8 поступает на соломотряс 9 и далее в камеру копнителя 10. Семенная смесь, попавшая на стрясную доску, транспортируется к решетам 11, 12. Просеянная семенная смесь через эти решета поступает в вакуум-клапан 13, который, вращаясь,

Таблица 1.2

Агротехнические показатели работы машины на уборке семян

| Уборочная машина | Кормовые | Разработчик | Состав семенного вороха | | | Полнота сбора семян, % | Повреждаемость семян, % | Потери семян, % |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------|--------|------------------------|-------------------------|-----------------|
| | | | семена | примеси | | | | |
| | | | | мелкие | грубые | | | |
| Пневмомеханическая установка ФН-Терес-1,2 | Терескен | КазНИИМЭСХ | 30-35 | 25-30 | 36-42 | 70-76 | нет | 20-24 |
| Пневмомеханич. семяуборочная машина ПСМ-3 | Терескен, кейреук | НПО «Казсельхозтехника» | 12-15 | 38-41 | 45-48 | 45-48 | нет | 17-20 |
| | | | 15-20 | 35-40 | 42-46 | 42-46 | нет | 17-19 |
| Порционная косилка КПП-2 | кейреук | САИМЭ | 12-16 | 26-29 | 58-60 | 81-85 | 12-16 | 15-19 |
| Зерноуборочный комбайн СК-4 | изень | КазНИИМЭСХ | 9-15 | 25-30 | 57-63 | 70-72 | 35-40 | 20-24 |
| Зерноуборочный комбайн СК-5 «Нива» | изень | КазНИИМЭСХ | 13-14,5 | 36-40 | 46-50 | 73-78 | 30-32 | 15-20 |
| Переборуд. зерноуборочный комбайн СК-5 «Нива» | изень | ТИИИМСХ | 30-35 | 22-23 | 42-44 | 85-88 | 12-15 | 15-17 |
| Переборуд. зерноуборочный комбайн с предварит. частич. очисткой СК-5 «Нива» | изень | ТИИИМСХ | 40-45 | 40-41 | 15-17 | 85-88 | 3-4 | 12-13 |

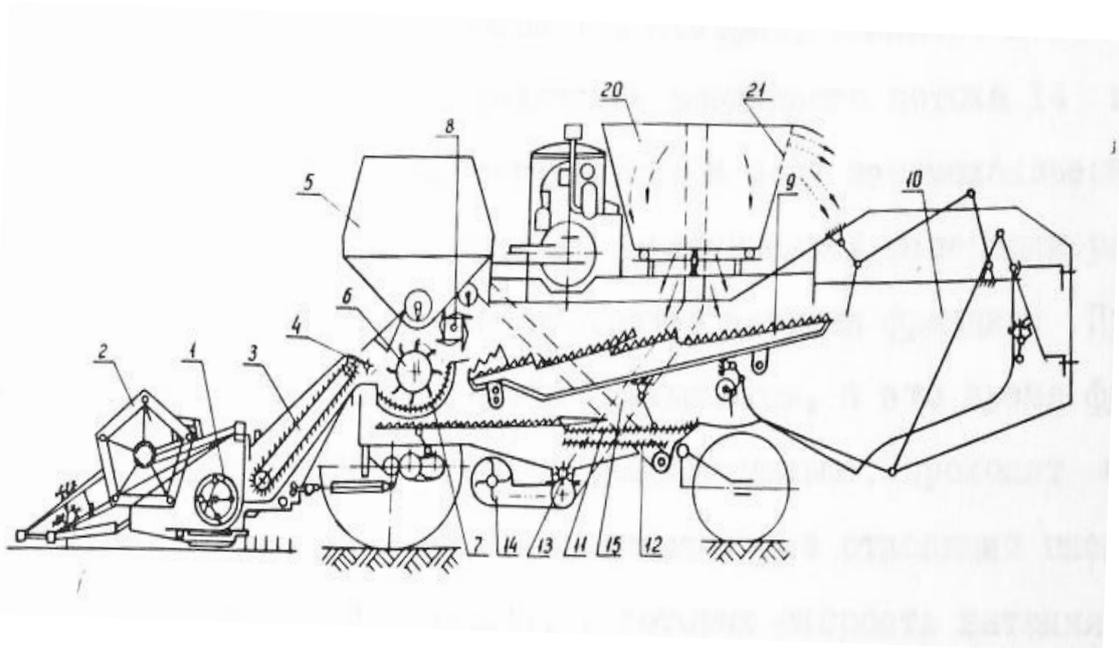


Рис.1.2. Схема устройства переоборудованного комбайна СК-5 «Нива» с аэромеханическим сепаратором.

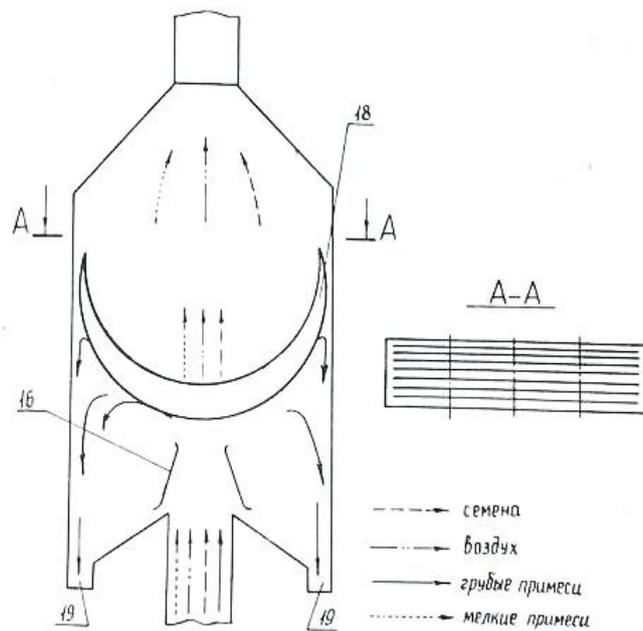


Рис.1.3. Схема технологического процесса работы

осыпает ее в приемник, где она под действием воздушного потока 14 по пневмотранспортеру 15 транспортируется в зону аэромеханического аэромеханического сепаратора (рис.1.3). В зоне аэромеханической сепарации разделение происходит по различию скоростей витания фракции. При расширении канала скорость потока уменьшается, в это время фракции, у которых скорость витания и размеры меньше, проходят между рабочими органами 18 и далее попадает через отводящий пневмотранспортер в бункер 20. Фракции, у которых скорость витания и размеры больше, ударяясь во рабочий орган, попадают в разгрузочный лоток 19.

Результаты работы переоборудованного комбайна СК-5 «Нива» с аэромеханическим сепаратором показывают, что чистота семян варьирует в пределах 40-50%, поврежденность семян до 4%, потери семян до 13%, обмолот семян до 88%.

Для уборки семян пустынных кормовых растений М.А.Абдуллаевым /22/ предложена роторная косилка КПП-2,0 (рис.1.4). Автор для уборки семян пустынных кормовых растений применял воздушный поток роторных косилок, используя при этом различия скорости витания компонентов.

Технологический процесс КПП-2,0 следующий. При движении агрегата по полю кусты растений срезаются режущими органами 1 аппарата, семена, находившиеся на кусте, отрываются от него под действием удара ножей и транспортируются в трубопровод 2 вместе с кормовой массой к началу решета 3. Попадая на рабочую поверхность решета, где происходит разделение мелкой фракции вместе с семенами через отверстия решета, а крупный ворох сходит с поверхности решета на землю и используется как подножный корм. Семена, просеянные через отверстия, собираются в копильнике 4, который разгружается по мере их накопления. При уборке семян кейреука установка позволяет собирать 81-85% семян, при просеиваемости 97-98% и чистоте 12-16%. Повреждаемость доходит до 12%, а дробленность до 2%.

Анализ показывает, что чистота семян при уборке с одновременной очисткой же соответствует агротехническим требованиям ТУ 46-809-72.

Поэтому убранный семенной ворох требует дополнительной очистки на стационарных семяочистительных машинах.

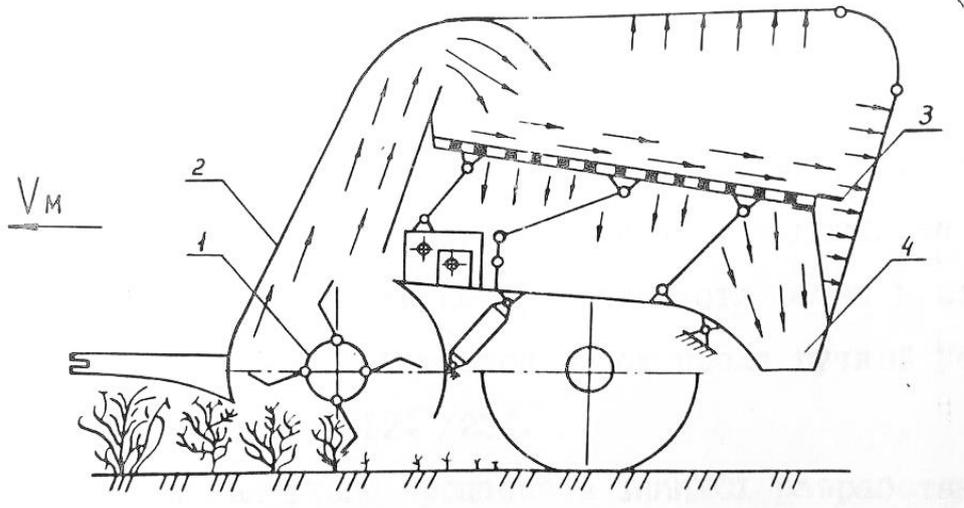


Рис.1.4. Технологическая схема порционной косилки КПП-2,0.

В некоторых хозяйствах семена пустынных кормовых растений убирают вручную. Влажность свежесобранного вороха достигает 50%, что является основной причиной потери всхожести семян и затрудняет процесс очистки семян. Семенной ворох после ручной уборки надо сушить до влажности 9-12% /23/.

Для осуществления этого процесса в ТИИИМСХ разработана сушильная установка /23, 24/, гарантирующая полное сохранение посевных качеств семенного материала и обеспечивающая снижение его влажности до кондиционной (9-12%).

Семена, убранные вручную и механизированным способом, имеют засоренность 70-80% и в пределах 40-50%, соответственно. Большое содержание посторонних примесей отрицательно влияет на проведение последующих операций, таких как транспортирование, хранение и посев. Так, при проведении процесса дражирования семян чистота семенного вороха должна быть не менее 90-95% /25/.

Процесс ручной очистки семян требует больших трудозатрат, времени и не гарантирует высокого качества очистки, особенно при неблагоприятных условиях.

Механизации процессов очистки семян пустынных кормовых растений уделено достаточное внимание /6, 26, 28, 29, 31/.

КазНИИМЭСХ /26/ для очистки семян пустынных кормовых растений рекомендует существующие машины по зерновым культурам.

Для очистки семян изеня рекомендуются ОС-4,5А, СВУ-5 и «Петкус-Селектра» К-218/1 с набором решет (рис.1.5, рис.1.6) последовательно доочисткой на триере.

Производительность ОС-4,5А (рис.1.5) регулируется от 540 до 635 кг/ч. Оптимальные показатели качества очистки достигается при производительности до 450 кг/ч по вороху. Чистота семян после очистки составила 54%.

При работе на СВУ-5 (рис.1.6) производительность регулируется от 90 до 230 кг/ч. Чистота семян после очистки достигает 53%, при исходной чистоте 31%.

Для очистки семян терескена на тех же машинах (при содержании семян в исходном ворохе 7%) предлагает двукратную очистку. При этом чистота семян достигает до 58-60%.

Б.Ш.Шамсутдинов, Г.М.Рудаков, М.И.Ландсман /27/ рекомендуют для очистки семян пустынных кормовых растений семяочистительную машину ОВП-20А (рис.1.7), где семена пропускают через решето: круглые с диаметром отверстий $A = 3,0$ мм; $B = 3,5$ мм; $\Gamma = 1,5$ мм, продолговатые с шириной $B = 0,9$ мм. Недостатком этой машины являются большие потери семян 10-15%, и низкая чистота 30-35%, что не соответствует агротехническим требованиям.

Анализ результатов эксплуатации существующих семяочистительных машин на очистке семян пустынных кормовых растений показывает, что они не обеспечивают агротехнические требования и малоэффективны из-за специфических свойств семенного вороха.

Ш.Урдиевым предложена для очистки семян изеня, кейреука переоборудованная семяочистительная машина СУ-0,1 /28, 29, 30/.

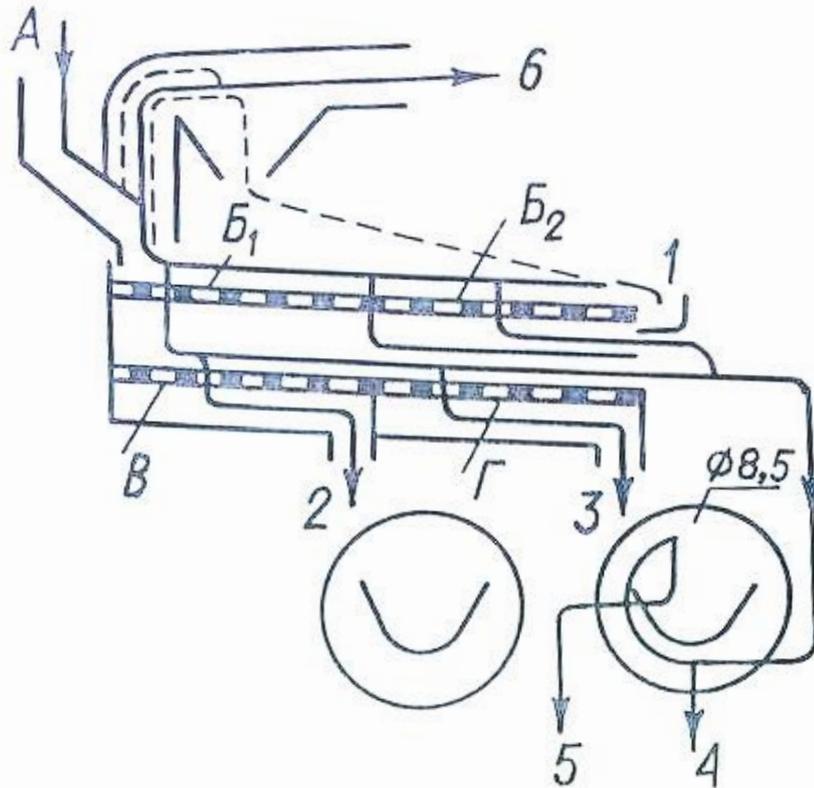


Рис.1.5. Технологическая схема машины ОС-4,5А; А – исходный материал; Б₁, Б₂, Г – решета; 1, 2, 3, 4, 5, 6 – обозначения выходов.

Суть переоборудования заключается в том, что аспирационный канал с приемной камерой и диффузором заменены узлами новой конструкции. Предложенный аспирационный канал сделан из прямоугольной трубы сечением 300 x 100 мм и длиной 1415 мм. Нижняя часть аспирационного канала изготовлена в виде коллектора с радиусом закругления 30 мм. Диффузор изготавливается по размерам аспирационного канала, а в приемной камере делается вырез в боковой стенке. В решетный стан встроено дополнительное колосовое решето с круглыми отверстиями Ø 4,0-5,0 мм. Частота колебаний увеличена до 8-9 с⁻¹ путем замены шкива 280-320 мм на

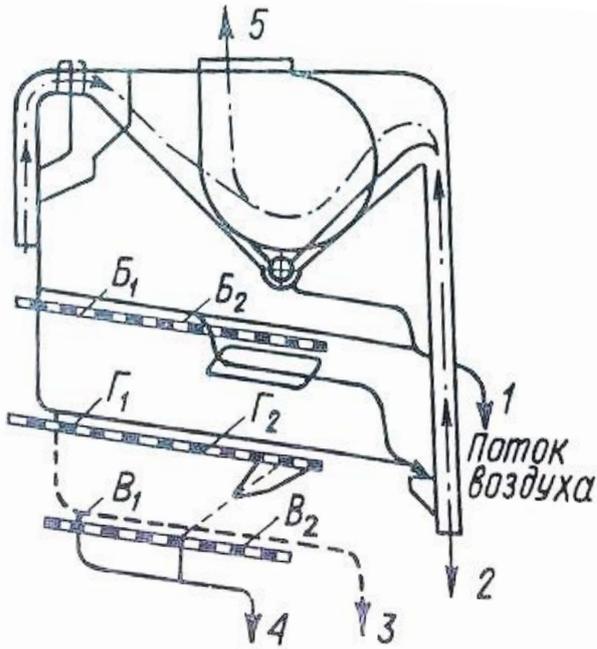


Рис.1.6. Технологическая схема машины СВУ-5; А – исходный материал; Б₁, В₁, В₂, Г₁, Г₂ – решета; 1, 2, 3, 4 – обозначения выходов.

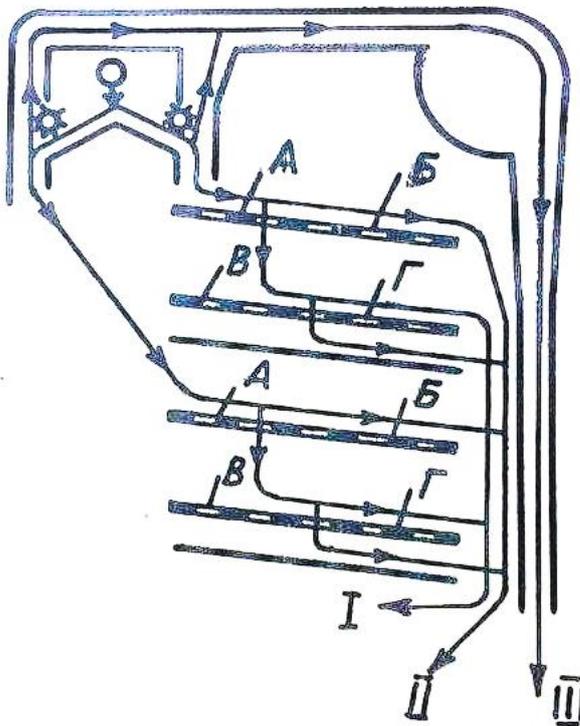


Рис.1.7. Технологическая машины ОВП-20А. А – исходный материал; А, Б, В, Г – решета; I, II, III – обозначения выходов.

эксцентриковом валу. Угол наклона решетного стана установлен в 8° путем замены задних подвесок на удлиненные.

Кроме этого, для повышения чистоты семенного материала – изеня переоборудованная машина СУ-0,1 комплектуется с триером машины ОС-4,5А с размером ячеек 5,0 мм (рис.1.8), а для очистки семян кейреука – с пневматической колонкой ОПС-2,0.

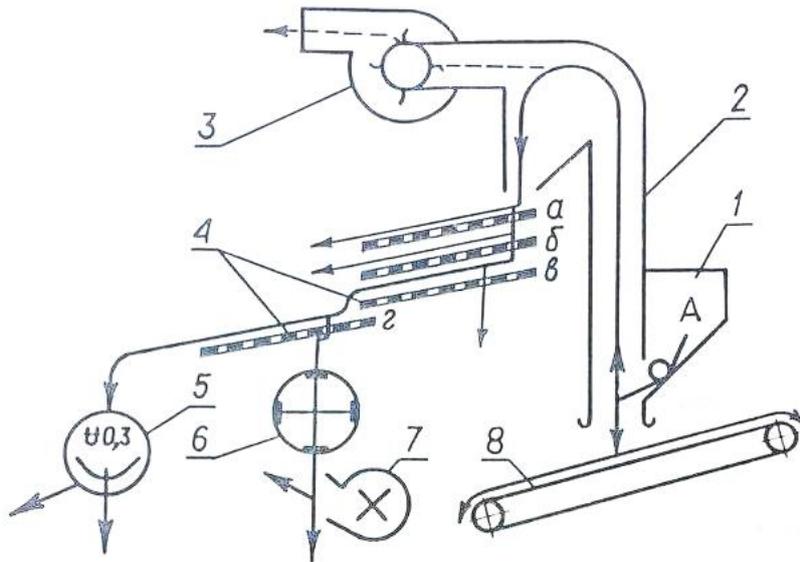


Рис.1.8. Схема технологического процесса очистки семян изеня. А – исходный материал; 1-бункер; 2 – пневмосепарирующий канал; 3 – всасывающий вентилятор; 4 – решетка; 5 – триер; 6 – терочный аппарат; 7 – нагнетающий вентилятор; 8 – полотняная горка.

Эти технологические процессы дают возможность получить чистоту семян, соответствующую агротехническим требованиям, предъявляемым к ним по классу при потерях 3-4%. В работе указывается, что чистота семян изеня с крылатками достигает 61%, при исходной чистоте механизированной уборки 33%. Дополнительная очистка на триере позволяет достигать чистоты семян с крылатками 76%. А вторая фракция, состоящая из семян без крылаток и

обескрыленных, составляет 64%, после пропуска через терочный аппарат достигает 90%.

Чистота семян кейреука после очистки на машине СУ-0,1 достигает 71%, при исходной чистоте 27-35%. Дополнительная очистка на машине ОПС-2,0 позволяет достигать чистоты 87-93%, при потерях семян в отходе 2-3%.

В связи с тем, что в семеноводческих хозяйствах задерживается внедрение комбайна СК-5 «Нива» с аэромеханическим сепаратором из-за низкого качества семян и в связи с большим объемом производства семян требуется специализированная машина для очистки семян пустынных кормовых растений, позволяющая достигать максимальную чистоту при минимальных трудозатратах с использованием обоснованно составленных технологических процессов.

Первой специализированной механизированной машиной для очистки семян пустынных кормовых растений, в частности, саксаула, черкеза и чогона, прошедшей Государственные испытания /31/, является машина МОС-0,2, теоретические основы разработки которой заложены в работах А.Т.Турабаева /31, 32/.

Технологический процесс очистки семян от примесей состоит из следующих операций (рис.1.9).

Семенной ворох ручного сбора в приемной емкости **А** предварительно очищается от крупных примесей на решетке, **а** с отверстиям размером 50 x 50 мм. Просеянные фракции по наклонному лотку 2 с помощью дозатора 3 подается на транспортер 4, где из фракции сходом выделяются органические (галька, помет животных, песок) примеси. Сходом с транспортера фракции попадают на решето **б**. Сходом с решета **б** выделяются ветки и семена с крылатками, которые идут на поддерживающую решетку **д** аспирационного канала 11. Здесь семенная смесь по различию скорости витания компонентов разделяется воздушным потоком, создаваемым вентилятором 10. Компоненты, у которых скорость витания меньше, выдуваются в осадочную камеру 14, где семена с крылатками собираются в емкости 13. Компоненты, у которых скорость витания больше, сходом идут в лоток для отходов 12.

Проходом по решету **б** выделяются компоненты – обескрыленные

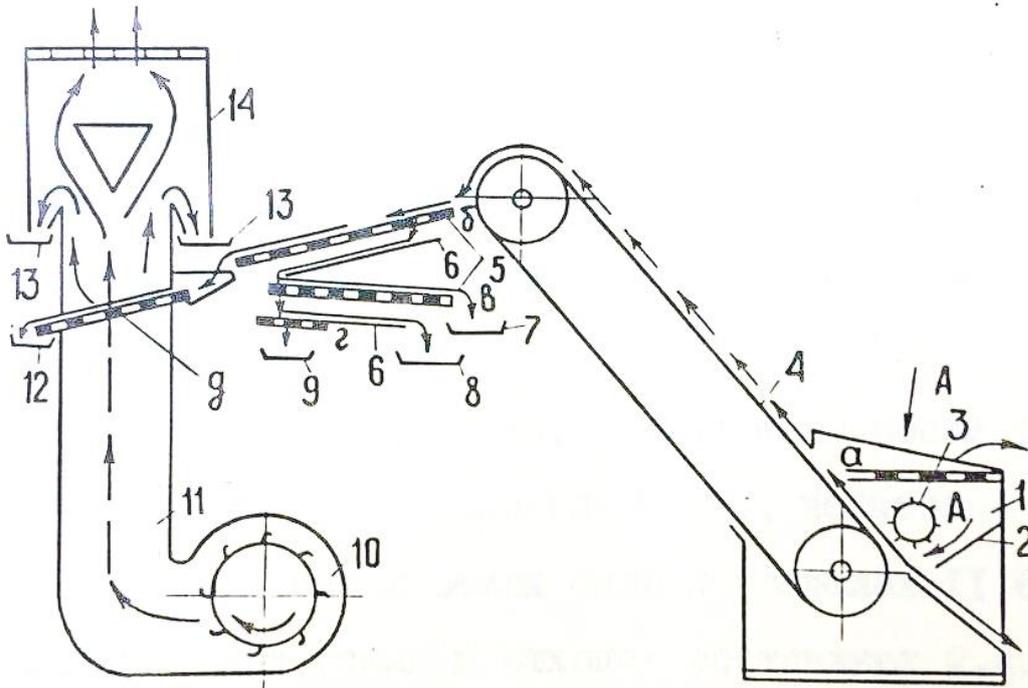


Рис.1.9. Схема технологического процесса и устройства для очистки семян саксаула МОС-0,2.

семена, вегетативные побеги, крылатки отдельные, элементы сопутствующих растений, песок, которые сходом по лотку **б** поступают в решето **в**.

Сходом решета **в** компоненты – крылатки, побеги, элементы сопутствующих растений, собираются в лотке **7**, которые могут быть использованы в качестве корма.

Проходом по решету **в** выделяются обескрыленные семена и песок, поступающие на решето **г**. В лотке **8** собираются обескрыленные семена, сошедшие с решета **г**. В лотке **9** собирается песок, просеянный с решета **г**.

Поскольку фракционный состав вороха семян черкеза и чогона отличается от фракционного состава вороха семян саксаула, в вышеприведенной схеме отсутствуют решета **в** и **г**.

Чистота семенного материала, полученного после очистки машиной, составила для семян саксаула 88,3%, черкеза – 91%, при этом наличие

обескрыленных семян было в пределах 11,6...16,7%. Потери жизнеспособных семян в отходах составляют 2,4...2,95.

Так как в наших исследованиях исходным материалом брали семенной ворох, убраный комбайном СК-5 «Нива» с аэромеханическим сепаратором, то он отличается от ручного и убраных другими машинами и приспособлениями.

Машина МОС-0,2 является специальной машиной для очистки семян пустынных кормовых растений. В связи с этим нами были проведены поисковые эксперименты для культуры изеня на машине МОС-0,2 по определению качественных показателей. Параметры и режимы в процессе эксперимента не изменялись и были такими, как при работе машины в обычных условиях.

В результате эксперимента определено, что чистота семян изеня с крылатками не превышает 55%, а чистота обескрыленных семян – 25%. При этом потери семян находятся в пределах 10%.

Анализ данных показывает, что полученный материал требует дополнительной очистки.

Анализ литературных источников позволил установить следующее:

- исходным материалом для очистки является семенной ворох, убраный комбайном СК-5 «Нива» с аэромеханическим сепаратором;
- при использовании известных технологических схем очищенный семенной материал не соответствует агротребованиям;
- анализ данных физико-механических свойств семенного вороха изеня показывает, что предстоит исследовать корреляционные связи признаков всех составляющих компонентов вороха;
- на основе физико-механических свойств следует составить технологию очистки семян от примесей, учитывая возможность разделения компонентов по признакам в комплексе, позволяющим получить максимальное выделение семян от примесей.

1.3. Анализ теории очистки сыпучих семян

Изучение процесса сепарации сыпучих семян рассмотрено во многих работах /34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48/, причем во всех отмечается, что на качество очистки влияют кинематические характеристики.

В работе /45/ указывается, что на процесс сепарации решета наибольшее влияние оказывают кинематический режим, характер и направление колебаний и величина его загрузки.

Основное влияние на движение семян по решету оказывает максимальное ускорение $\omega^2 e$ колебательного движения решета, определяющее скорости, режимы и характер движения вороха. В зависимости от толщины слоя можно определить необходимое ускорение для каждого материала по формуле:

$$\omega^2 e = g \frac{\sin(\varphi \pm \alpha)}{\cos(\varphi \pm \alpha \pm \beta)} \quad (1.1)$$

где: α – угол наклона плоскости решета к горизонту;

β – угол направления колебаний решета по отношению к горизонту;

φ – угол трения тела по плоскости.

При разных загрузках решета следует применять различные максимальные ускорения $j = \omega^2 e$

В работах /45, 46, 47/ указывается, что оптимальный режим работы решетного стана достигается изменением кинематических параметров, решающим из которых является частота колебания решетного стана (1.10).

Кинематические параметры, как частота, амплитуда, угол наклона и угол направленности колебаний, оказывают влияние на скорость схода вороха с решета.

В работах Г.Д.Терскова /48, 49/ изучено влияние кинематических параметров на процесс сепарации через круглое решето. Влияние всех кинематических параметров на процесс сепарации является сложным.

Чтобы обеспечить одинаковую степень заполнения сепарирующей

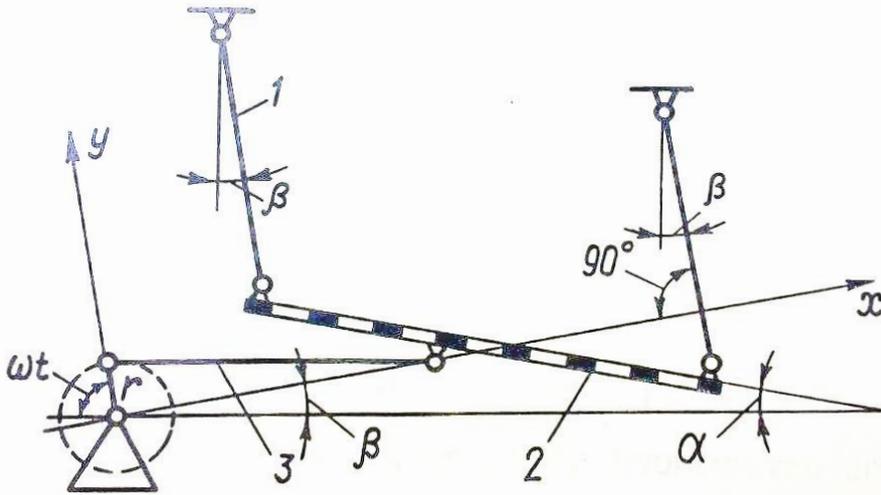


Рис.1.10. Кинематическая схема решета. 1 - подвеска; 2 – решето; 3 – кривошипно-шатунный механизм.

поверхности материалом по длине решета А.Н.Зюлиным /52/ предлагается изогнуть решето по всей длине, что обеспечивает снижение скорости перемещения материала и повышение качества полученного продукта.

В результат исследований выведено уравнение формы решета:

$$y = \alpha \varepsilon (\mu x - (1 - e^{-\mu x})), \quad (1.2)$$

где: $\alpha = \varphi_0 v / \mu (v_0 - v_1)$;

μ – коэффициент сепарации;

v_0 – скорость движения материала на начальном участке решета;

v_1 – скорость движения материала на участке решета с нулевым углом наклона к горизонту.

Зерновой материал, находящийся на решете, не имеет с ним жестких связей и движение его не может быть определено непосредственно движущим механизмом решета, оно характеризуется динамическими связями: силами тяжести, трения и инерции.

Как отмечает А.С.Феофанова /45/, большинство исследований посвящено только режиму работы решета и не уделено достаточно внимания получению режимов движения материала по решету.

В работах М.Н.Летошиева /51/, Н.М.Василенко /50/, Цециневского /53/ и других рассмотрено относительное движение материала по шероховатым поверхностям. Эти исследования основывались на допущении В.П.Горячкина /34/, где шар, движущийся параллельно плоскости решета, просеется через отверстия, пройдя из начального положения **M** путь

$$\mathbf{L}_1 = \mathbf{t V}, \quad (1.3)$$

скажется у точки **N** возможной встречи с противоположной кромкой отверстия на расстоянии не меньшей $\mathbf{d}/2$ (рис.1.11, а),

где: **V** – величина относительной скорости частицы в момент отрыва ее от края отверстия;

t – время, необходимое для перемешивания центра тяжести частицы в направлении, нормальном к плоскости отверстия, на величину $\mathbf{S} = \mathbf{d}/2$ (рис.1.11, б).

В работах В.В.Гортинского /54/ процесс сепарирования предлагается рассмотреть, как состоящий из двух частей: первая – процесс самосортирования, расслоения по физико-механическим свойствам; вторая - процесс просеивания, при котором расслоившиеся частицы проходят через отверстия.

В.В.Гортинский в процессе расслоения различие движений объясняет различием в динамических коэффициентах сопротивления относительно

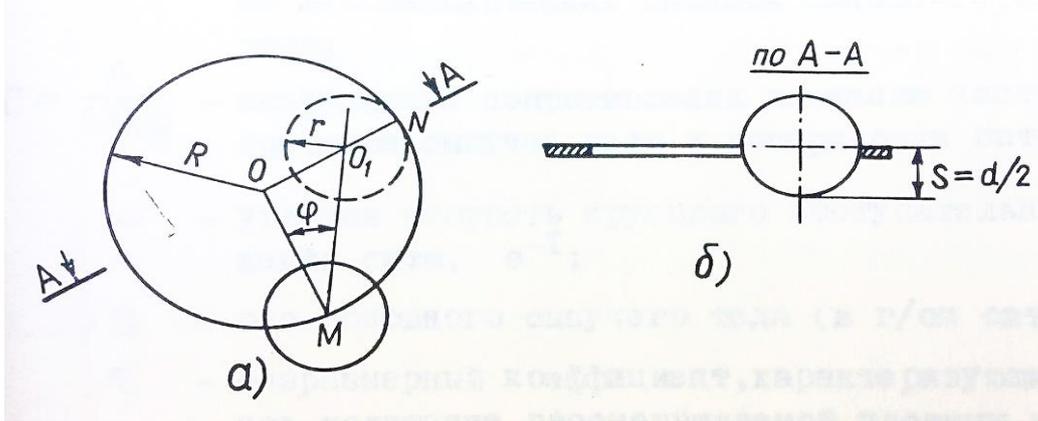


Рис.1.11. Схема вероятности попадания частицы в отверстия.

сдвигу слоев и условиями их взаимосвязи, а это, в свою очередь, определяется удаленностью этих частиц от границ сыпучего тела.

Процесс всплывания на решетке протекает только в том случае, когда слой разрыхлен и коэффициент внутреннего трения относительно мал. Чтобы повысить степень разрыхленности, предложены различные приспособления и устройства /55/.

В.В.Гортинский /54/ процесс самосортирования рассматривает «послойным движением» и определяет время прохождения частицы через слой:

$$t = c \mathbf{V}_0 \omega \mathbf{G}_T^2 \tau, \quad (1.4)$$

где: \mathbf{V}_0 – безразмерный коэффициент, зависящий только от физико-механических свойств основного сыпучего тела;

$c = \frac{A}{G\sqrt{2}g}$ – коэффициент сопротивления движению частицы через основное сыпучее тело к поверхности сита;

ω – угловая скорость кругового поступательного движения сита, c^{-1} ;

\mathbf{G} – вес основного сыпучего тела (в г/см сита);

τ – безразмерный коэффициент, характеризующий начальное положение рассматриваемой частицы в основном сыпучем теле.

На процесс сепарации влияет много факторов и просеивание частиц является случайным событием.

Исследования этих явлений отражались вероятностью в работах М.Н.Летошиева /51/, В.В.Гортинского /54/ и других. В вышеуказанных теоретических исследованиях случайное попадание и просеивание частицы в отверстие непосредственно подсчитывается их вероятностью, которая зависит от «благоприятных» случаев в общем числе случаев.

Вероятность прохода частицы через отверстие сводится к трем взаимосвязанным событиям:

- а) частица должна просеяться через слой на поверхность решета;
- б) попасть в зону отверстия;
- в) пройти через отверстия.

Это сложное событие описывается произведением вероятностей составляющих событий, но вероятность каждого последующего события определяется при условии, что имеет место при всех предыдущих событиях

$$P = P_1 \cdot P_{2/1} \cdot P_{3/1,2}, \quad (1.5)$$

где: P_1 – вероятность спуска частицы на поверхность решета за одно встряхивания;

$P_{2/1}$ – вероятность попадания в зону отверстия частицы, спустившейся на поверхность решета;

$P_{3/1,2}$ - вероятность частицы, находящейся на поверхности решета, в зоне отверстия и пройти через него.

Вероятность попадания частицы для этих составляющих проф. П.М.Заика /57/ предлагает определять, как:

$$\mathbf{P}_1 = \nu_{\text{верт}} (\omega \mathbf{h})^{-1}, \quad (1.6)$$

$$\mathbf{P}_{2/1} = \mu (1 - \delta), \quad (1.7)$$

$$\mathbf{P}_{3/1, 2} = \mu \left[\frac{\pi(e-d)}{4} / \left(\frac{\pi e^2}{4} \right) \right] = \mu (1 - \nu)^2, \quad (1.8)$$

где: \mathbf{h} – толщина слоя сепарируемого материала;

ω – частота колебаний;

μ – коэффициент живого сечения решета;

e – диаметр отверстия решета;

d – диаметр частицы;

δ – отношение размера частицы к размеру отверстия;

ν – коэффициент, характеризующий степень забитости отверстий.

В работах А.Н.Зюлина /61, 62/ процесс разделения зерновой смеси рассматривается по интенсивности просеивания различных компонентов. На интенсивность просеивания влияет много факторов: размеры частицы и отверстий решета, характер распределения материала не сепарирующей поверхности, кинематический режим работы решета, состояние поверхности семян. Компоненты с разными интенсивностями просеивания разделяются блоком установленных друг под другом плоских решет с однородными отверстиями, размеры которых обеспечивают возможность прохода всех компонентов исходного материала.

В этом случае эффективность разделения для частиц интенсивностями μ_1 и μ_2 выражается формулой:

$$\mathbf{E} = e^{-\mu_2 x} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(\mu_2 x)^k}{k!} - e^{-\mu_1 x} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(\mu_1 x)^k}{k!} \quad (1.9)$$

Следовательно, для одного решета выведены x_{\max} и \mathbf{E}_{\max}

$$x_{\max} = n \ln \frac{1}{a} [(1 - \alpha) \mu_1], \quad (1.10)$$

$$E_{\max} = \alpha^{na/(1-\alpha)} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(\alpha m)^k}{k!} - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{m^k}{k!} \quad (1.11)$$

где: $m = n \ln \frac{1}{\alpha} (1 - \alpha)$.

Автор /59/ делает вывод, что максимальная эффективность разделения E_{\max} зависит только от двух факторов: числа решет и отношения интенсивностей просеивания μ_1 и μ_2 , для которых $\alpha < 1$, чем больше решет, тем больше полнота просеивания.

Разделение по интенсивности просеивания (по длине частиц) при толстослойной загрузке решета на начальном участке выше, чем при элементарном слое.

Кроме того, для повышения интенсивности /63/ сепарации предлагается изменить скорость движения семян с помощью изменения формы решета.

Выведено уравнение формы интенсифицированного решета: для случая: $\varepsilon \approx 1$:

$$y = \left[\varphi - \frac{1}{k} (v_0 - v_1) \right] \pm \frac{v_0 \alpha}{2kQ} e^2, \quad (1.12)$$

где: v_0 – величина начальной скорости;

α - коэффициент сепарации.

По данным Б.К.Ляпина /65/, интенсивность просеивания по длине решета при неполной и полной загрузке решета убывает по экспоненте. Б.К.Ляпин процесс сепарирования выражает формулой:

$$P_{\text{рбл}} = P_0 (1 - e^{-\frac{L}{v} \sum_{i=0}^n \mu_i}), \quad (1.13)$$

$$\sum_{\text{бл}} = 1 - e^{-\frac{L}{v} \sum_{i=0}^n \mu_i}, \quad (1.14)$$

где: L – длина решета;

V – скорость перемещения частиц по решету.

Интенсивность сепарации решета с круглыми отверстиями /52/ определяется как зависимость от местной нагрузки в условиях полной нагрузки:

$$P = P_1 + P_2 e^{-\alpha \frac{Q}{W}}, \quad (1.15)$$

где: P_1, P_2, α – коэффициенты, которые зависят от многих факторов;

W – средняя скорость движения материала.

В работе Н.И.Сысоева /67/ интенсивность просеивания характеризуется пропорциональностью ее к количеству мелкой фракции в сходе P_1 и коэффициенту интенсивности просеивания, обратно пропорциональна относительному количеству крупной фракции в сходе G_0/P_1 :

$$-\frac{dP}{de} = \beta P_1 / \frac{G_0}{P_1} = \beta \frac{P_1^2}{G_0} \quad (1.16)$$

в окончательном виде

$$P = \frac{e}{ke+b} \cdot \quad (1.17)$$

С.А.Васильев /68/, исследуя процессы сепарации семян, отмечал, что интенсивность процесса сепарации на произвольном элементарном участке длины сепарирующей поверхности выражается формулой:

$$P' = \frac{dP}{de} = \frac{b}{(ke+b)^2} \quad (1.18)$$

Анализ уравнения показывает, что максимальная интенсивность просеивания $P'_{\max} = \frac{1}{b}$ достигается при $e \rightarrow \infty$.

Зависимость между интенсивностью просеивания на произвольном элементарном участке длины решета и количеством семян мелкой фракции выражается дифференциальным уравнением:

$$P' = \frac{P_1^2}{bP_0^2} = \frac{(P_0-P)}{bP_0^2} \quad (1.19)$$

формулой (1.19) определяется, что интенсивность процесса сепарации в любом произвольном поперечном сечении сепарирующей поверхности прямо пропорциональна квадрату весового количества семян мелкой фракции, проходящего в том же сечении в единицу времени и обратно пропорциональна квадрату количества той же фракции, содержащегося в исходном материале.

1.4. Анализ теории очистки семян пустынных кормовых растений

Очистка малосыпучих семян пустынных кормовых растений посвящены работы /18, 22, 28, 31, 69/.

Л.Крутиковым /69/ исследованы физико-механические свойства семян саксаула (размеры, форма, коэффициент трения, углы естественного откоса и аэродинамические свойства). Исследованы возможности разделения семян воздушным потоком. В частности, определены скорость витания и критические скорости удара семян, при этом скорость потока не должна превышать 9-12 м/с.

В работе Ш.Урдиева /28, 29, 30/ процесс разделения несыпучих семян рассматривается, как Марковский процесс, изменением положения частицы в трех уровнях, т.е. частица находится в слое вороха, на решетке и под решетом (прошла сквозь отверстия) (рис.1.12). На основе Марковского процесса получена система линейных дифференциальных уравнений, которая отражает процесс сепарации семян:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} P_1(x) &= -k P_1(x) , \\ \frac{d}{dx} P_2(x) &= k P_1(x) - \alpha P_2(x) , \\ \frac{d}{dx} P_3(x) &= \alpha P_2(x) . \end{aligned} \quad (1.20)$$

Решая эту систему (1.20), получено выражение для определения интенсивности выделения мелких примесей и эффективности разделения вороха семян:

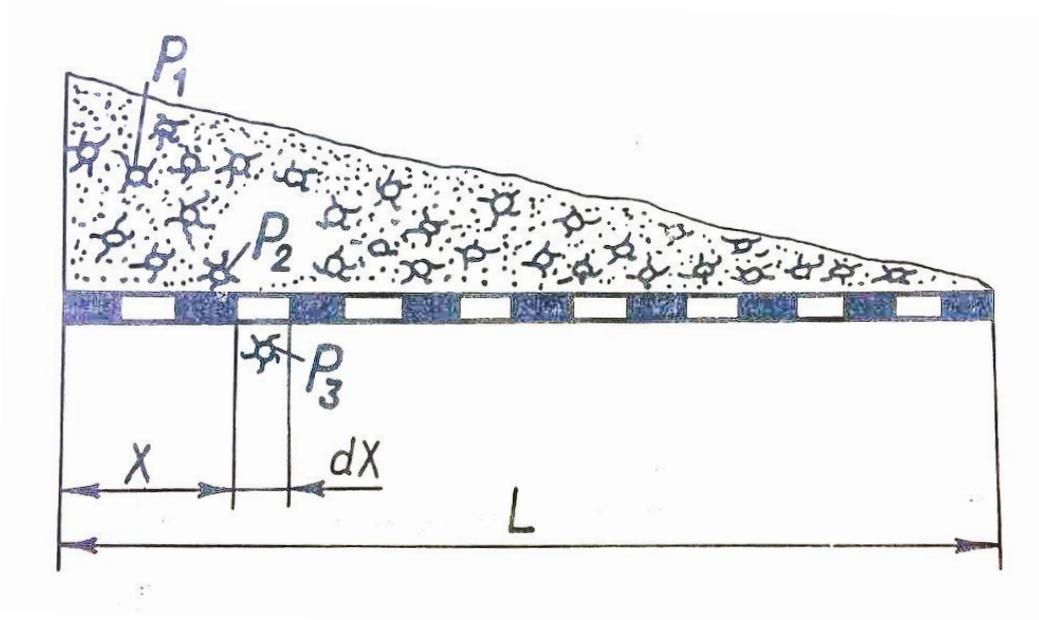


Рис.1.12. Вероятность процесса перехода частицы через решетку.

$$E' = P_2(x) = \frac{k}{k-\alpha} (e^{-\alpha x} - e^{-kx}), \quad (1.21)$$

$$E = P_3(x) = \frac{1}{k-\alpha} [(1 - e^{-\alpha x}) - \alpha (1 - e^{-kx})], \quad (1.22)$$

где: α – коэффициент сепарации через решетку;

k - коэффициент сепарации через слой вороха.

В работах А.Т.Турабаева /31,32/ рассмотрены теоретические вопросы разделения малосыпучих семян саксаула, черкеза, чогона воздушным потоком. Автор рассмотрел процесс сепарации вороха семян в вертикальном пневмосепарирующем канале 2 с поддерживающей решеткой 1 (рис.1.13). Он допускал, что воздушный поток имеет одинаковую скорость по всему сечению канала, где скорость воздушного потока превышает скорость витания более тяжелых фракций вороха и при этом обрабатываемый материал сходит по поддерживающей решетке поперек канала с постоянной скоростью V . Компоненты (семена, мелкие примеси), у которых скорость витания меньше W , выносятся воздушным потоком, а тяжелая фракция в результате движения по

наклонной решетке и обтекания воздушным потоком, перемещаясь относительно друг друга, постепенно сходит с решетки.

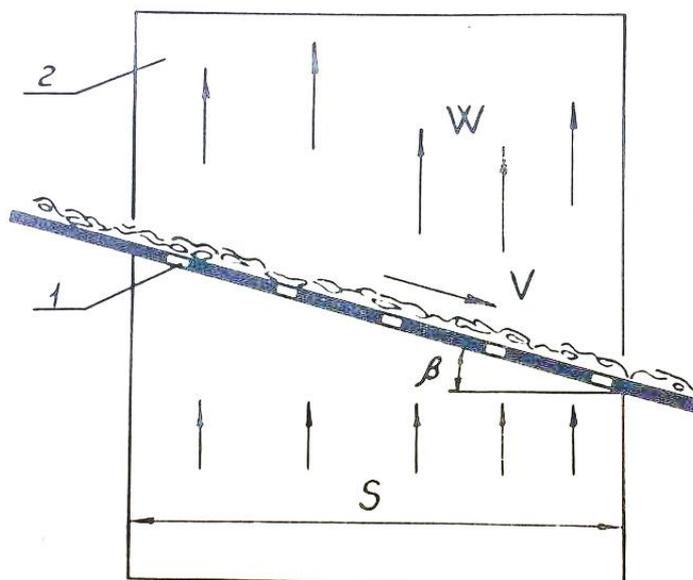


Рис.1.13. Схема процесса сепарации семенного вороха воздушным потоком.

Используя вывод А.Т.Турабаева /31/ о том, что процесс выделения семян зависит от взаиморасположенных их и тяжелых частиц на решетке в каждый момент времени, а также то, что положение частиц в воздушном потоке носит случайный характер, он описывается методами теории вероятностей. Выделение частицы за непересекающиеся промежутки времени – события независимые и справедливо неравенство

$$P(t, \Delta t) = P(\Delta t) / [1 - P(t)] \approx P'(t) \Delta t / [1 - P(t)] \quad (1.23)$$

В результате преобразования выведена математическая модель эффективности E процесса разделения вороха

$$E = 1 - R_0 + R_0 \exp \left[- \frac{\alpha_{\Pi} S}{(1 - k_{\Pi} q) V \cos \beta} \right] - \exp \left[- \frac{\alpha_c S}{(1 + k_c q) V \cos \beta} \right], \quad (1.24)$$

где: R_0 – относительное количество примеси, которое может быть вынесено воздушным потоком заданной скорости;

$\alpha_{\Pi}, k_{\Pi}, \alpha_C, k_C$ – параметры α и k , относящиеся к выделению примеси (индекс Π) и семян (индекс C).

Наибольшая эффективность достигается при условии

$$0,1 < k_c q = \frac{k_c b_T Q}{B V} < 0,3 \quad (1.25)$$

определяющем оптимальную нагрузку в зависимости от исходного материала, ширины пневмосепарирующего канала и скорости движения вороха по решетке.

Процесс очистки семян одновременно с уборкой с помощью аэромеханического сепаратора рассмотрен Э.Т.Фармановым /18/.

Теоретические предпосылки процесса семенного вороха разделены на два этапа. На первом этапе происходит выделение крупных примесей механическим рабочим органом, а на втором – сепарация семян и мелких примесей воздушным потоком. Для выделения грубых примесей исследован выбор формы рабочего органа, по которому крупные примеси, ударяясь со рабочей орган, под действием силы $G - R$ падают вниз по параболе (рис.1.14). Выбор формы рабочего органа может быть определен:

$$\dot{x}(t_k) = x_0 \quad (1.26)$$

т.е. лучшая поверхность рабочего органа – та, чья скорость в момент t_k ближе к \dot{x}_0 .

Рассмотрено три вида рабочего органа: треугольная пластина, параболическое кольцо и круговое полукольцо.

В результате соответствующих расчетов выбрана рабочим органом поверхность, имеющая круговое полукольцо, описываемая формулой:

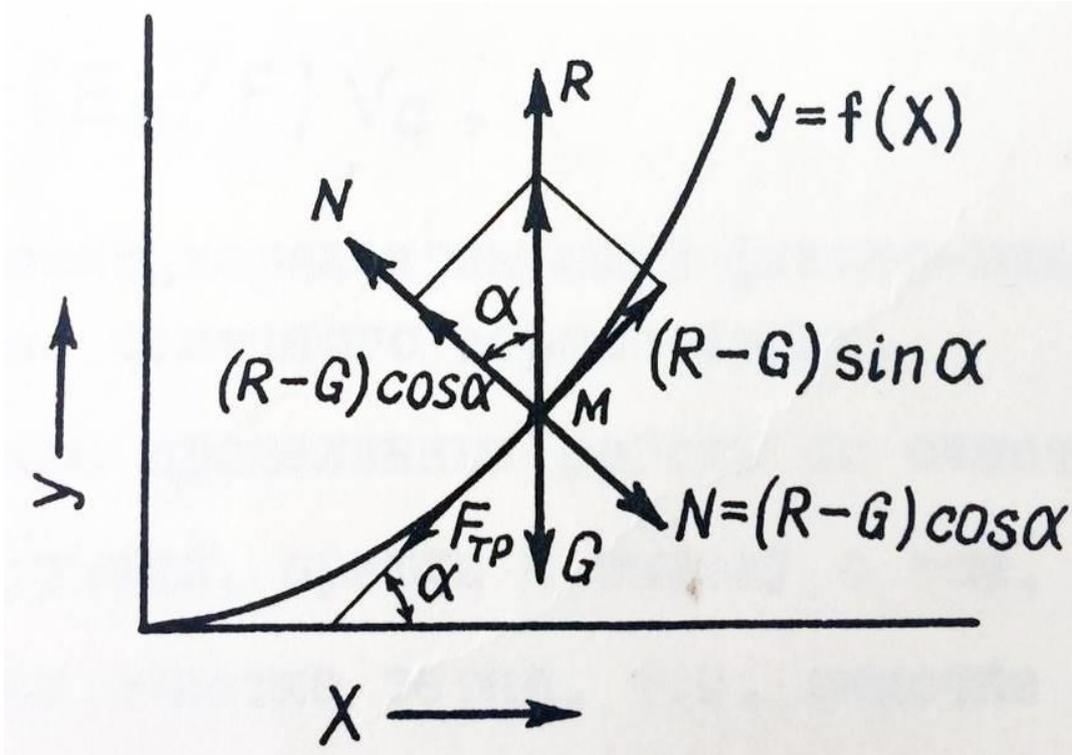


Рис.1.14. Схема действия сил на частицу, находящуюся на рабочем органе в вертикальном воздушном канале.

$$\dot{x}_k^2 = \dot{x}_0^2 + 0,66 \Delta (1-2f), \quad (1.27)$$

где: $\Delta = (\mathbf{R} - \mathbf{G}) r / m$

при условии

$$0,53 \leq f \leq 0,642. \quad (1.28)$$

На втором этапе очистки выведена эффективность очистки легкой примеси, которая отражается формулой

$$E = 1 - e^{-2,5\lambda v} \quad (1.29)$$

$$\lambda = \rho m (\mathbf{E}_n / \mathbf{F}) V_c, \quad (1.30)$$

где: λ – коэффициент, характеризующий физико-механические свойства семенного вороха изеня.

Анализируя ранее проделанные работы по очистке семян пустынных кормовых растений, пришли к выводу о том, что в основном все работы посвящены очистке зерна, т.е. очистке сыпучих семян от примесей. Были попытки очистить семена пустынных кормовых растений на существующих зерноочистительных машинах. Так как семена пустынных кормовых растений являются несыпучими по физико-механическим свойствам (по размерам, форме, фракционным составам и др.), резко отличаются от сыпучих семян. Так как состав семенного вороха пустынных растений многокомпонентен и имеет много крупных примесей, которые резко отличаются от состава семенной смеси зерна. Это обстоятельство приводит к выводу о том, что предстоит исследовать оптимальную технологию очистки семян от примесей на основе изучения физико-механических свойств семенного вороха пустынных кормовых растений, позволяющую достигать наиболее максимального качества подготовки семян.

1.5. Цель и задачи исследования

На основании анализа состояния механизации очистки семян пустынных кормовых растений, изучения конструкций и показателей работы существующих семяочистительных машин и можно сделать вывод о том, что в хозяйствах семена заготавливаются в основном вручную и частично механизированным способом. В семеноводческих хозяйствах не имеется специально предназначенных машин для очистки семян пустынных кормовых растений, а существующие семяочистительные машины предназначены для очистки сыпучих семян, и чистота является смесью после комбайновой уборки с предварительной очисткой аэромеханическим сепаратором, содержащей крупные примеси, то, исходя из физико-механических свойств и фракционного состава, следует составлять и производить исследования оптимальной технологии очистки семян от примесей.

Таким образом, возникла необходимость исследовать технологию очистки семян пустынных кормовых растений.

В связи с принятой нами целью поставлены следующие задачи:

- изучение фракционного состава и некоторых физико-механических свойств и некоторых физико-механических свойств семенного вороха изеня после предварительной очистки на комбайне;
- разработка и исследование технологии очистки семян от примесей;
- разработка опытного образца семяочистительного устройства;
- экспериментальные исследования очистки семян, и оптимизация основных параметров и режимов работы очистительного устройства;
- определение экономической эффективности предложенных технических средств очистки семян пустынных кормовых растений очистительным устройством.

Выводы по главе

Анализ состояния механизации очистки семян пустынных кормовых растений позволяет сделать следующие выводы:

1. Подготовка семян производится, в основном, вручную, что не обеспечивает требуемой чистоты.

2. Для увеличения объема производства семян пустынных кормовых растений и улучшения пастбищ необходима механизация процессов подготовки семян.
3. Предложенные существующие семяочистительные машины для очистки семян пустынных кормовых растений из-за неэффективности не применяются в хозяйствах.

Г Л А В А 2 АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОРОХА СЕМЯН ИЗЕНЯ

2.1. Фракционный состав вороха

Фракционный анализ компонентов семенного вороха, убранного комбайном с предварительной очисткой, проведен в соответствии с ГОСТ 12036-85 путем разбора средних навесок, взятых в хозяйстве.

В таблице 2.1. приведены результаты фракционного состава компонентов семенного вороха, убранного вручную и комбайном в совхозе «Бирлик» Чимкентской области.

Анализ фракционного состава семенного вороха показывает, что он состоит из следующих компонентов: семена с крылатками, обескрыленные семена, оголенные семена, ветки, побеги, элементы растений, бутоны, мелкие примеси (рис.2.1).

Процентное содержание состава семенного вороха, убранного комбайном, колеблется в пределах: семена с крылатками – 18-23%, семена обескрыленные – 12-18%, семена оголенные – 5-6%, остальные фракции являются засорителями.

Таблица 2.1

Фракционный состав вороха семян изеня, в %

| №№ | Состав исходного материала | После ручной уборки | После комбайновой уборки |
|----|----------------------------|---------------------|--------------------------|
| 1. | Семена с крылатками | 12,0 | 21,12 |
| 2. | Семена обескрыленные | 7,0 | 16,0 |
| 3. | Семена оголенные | 2,2 | 5,6 |
| 4. | Ветки | 5,5 | 4,2 |
| 5. | Побеги | 4,9 | 4,0 |
| 6. | Элементы растений | 9,5 | 16,8 |
| 7. | Бутоны | 8,4 | 4,5 |
| 8. | Мелкие примеси | 50,5 | 27,7 |

По данным Сарыагачской семенной станции, лабораторная всхожесть семян составляет 70 %, энергопрорастание за 3 дня - 30% (приложение 20-21),

влажность колеблется в пределах 12-15% после сушки, что соответствует 1 классу семян.

Но по чистоте семена следует дополнительно очищать на стационарных машинах.

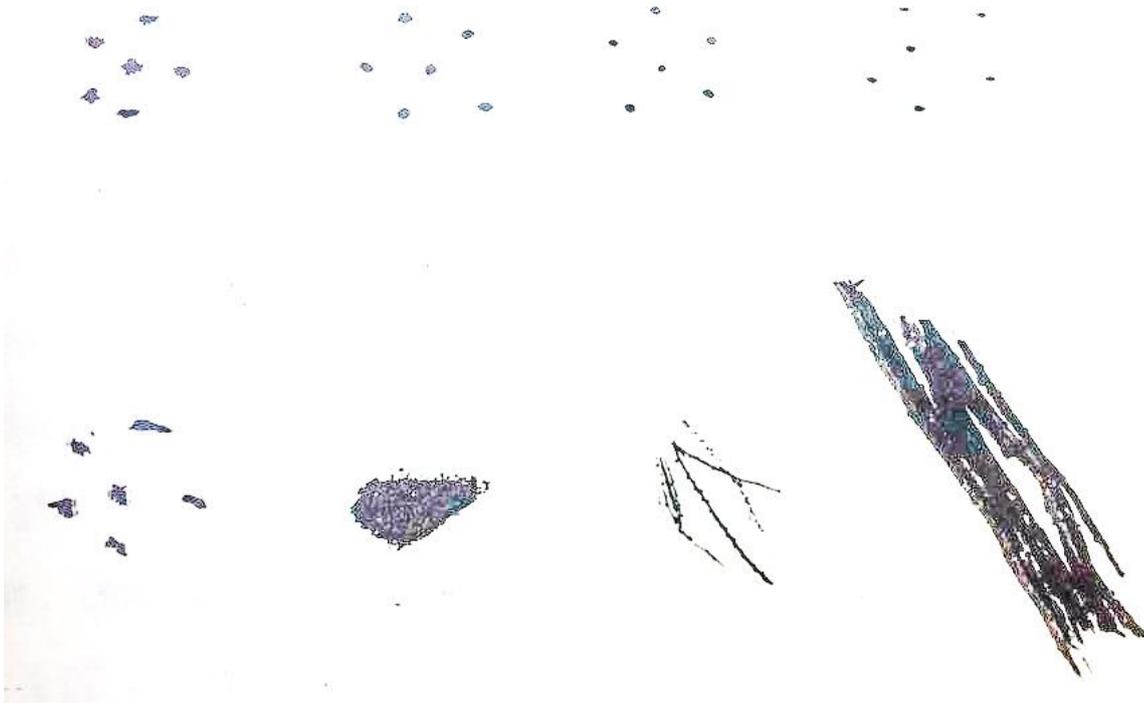


Рис.2.1. Фракции исходного вороха семян изеня.

1 – семена с крылатками; 2 – обескрыленные семена; 3 – оголенные семена; 4 – бутоны; 5 – элементы растений; 6 – мелкие примеси; 7 – побеги; 8 – ветки.

2.2. Физико-механические характеристики вороха семян изеня.

Как мы выше анализировали, фракционный состав вороха изеня состоит из нескольких компонентов, значительно отличающихся по размера друг от друга.

В предыдущих работах [20, 28, 31, 69, 70, 71, 72] были изучены физико-механические свойства семян и засорителей. Были определены абсолютные и объемные массы семян, коэффициент трения, скольжения в покое и в движении некоторых компонентов и другие характеристики.

По данным Т.М.Мусаева [20, 70], было установлено, что углы естественного откоса семян изеня каменистого колеблются в пределах $47^{\circ}30'$ –

54°20¹ и относится к группе семян пониженной сыпучести. Объемный вес семенного материала изеня каменистого достигает 240 г/см³.

Ш.Урдиев /26, 71/ отметил, что по свойствам поверхности возможно разделение обескрыленных семян только от веточек, а мелкие примеси не представляются возможными разделить по свойствам поверхности.

А.Т.Турабаев /31, 72/ признак свойств поверхностей трения, покрытых прорезиненной тканью, предлагает использовать для транспортирующих органов, подающих ворох к рабочим.

Рассмотрим размерные характеристики и скорость витания компонентов, чтобы обосновать их возможность разделения по каким-либо признакам (длине, ширине, толщине, скорости витания).

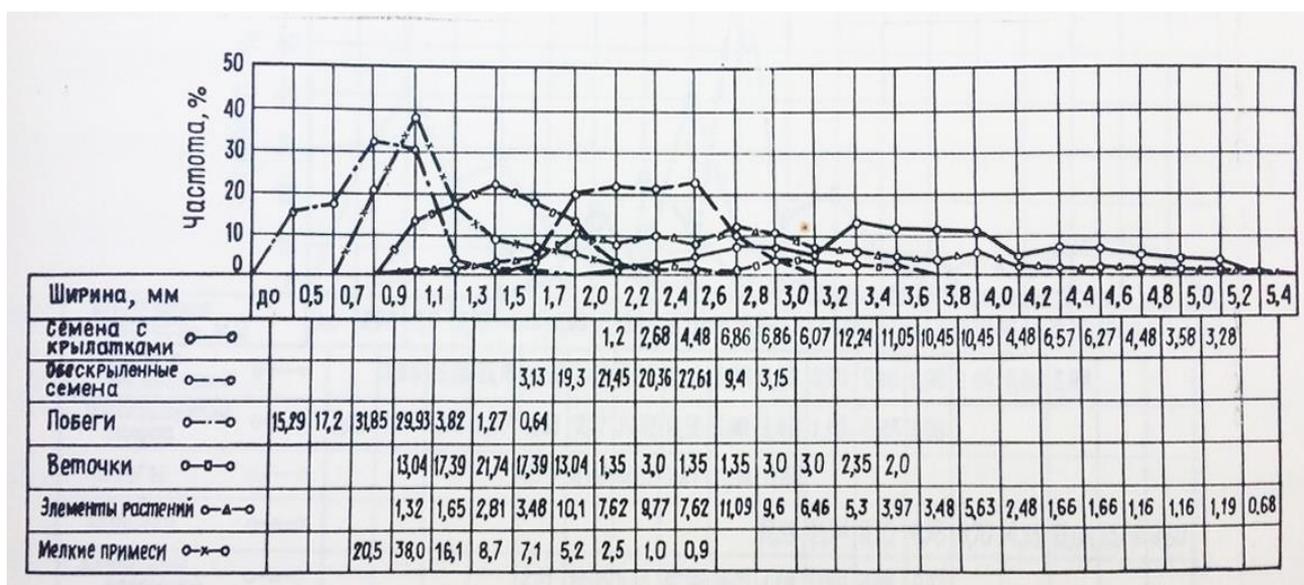


Рис.2.2. Вариационные кривые распределения компонентов вороха семян изеня по ширине.

Вариационные кривые распределения компонентов вороха семян изеня представлены на рисунках 2.2, 2.3, 2.4.

На рис.2.2 приведены кривые распределения по ширине компонентов вороха семян изеня.

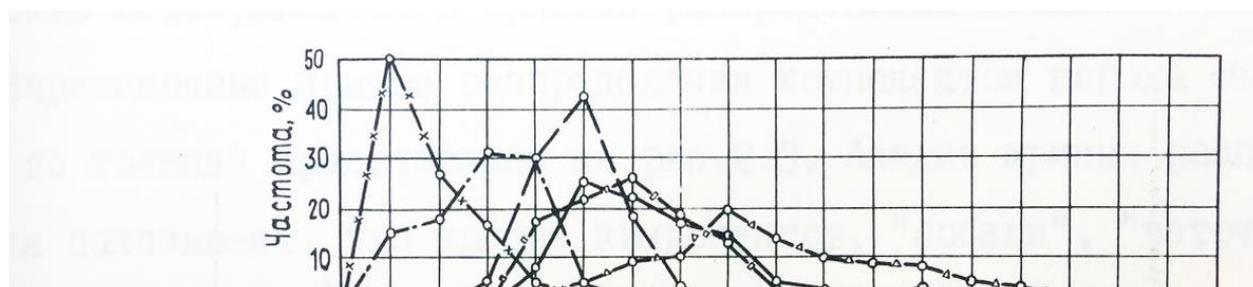


Рис.2.3. Вариационные кривые распределения компонентов вороха семян изеня по толщине.

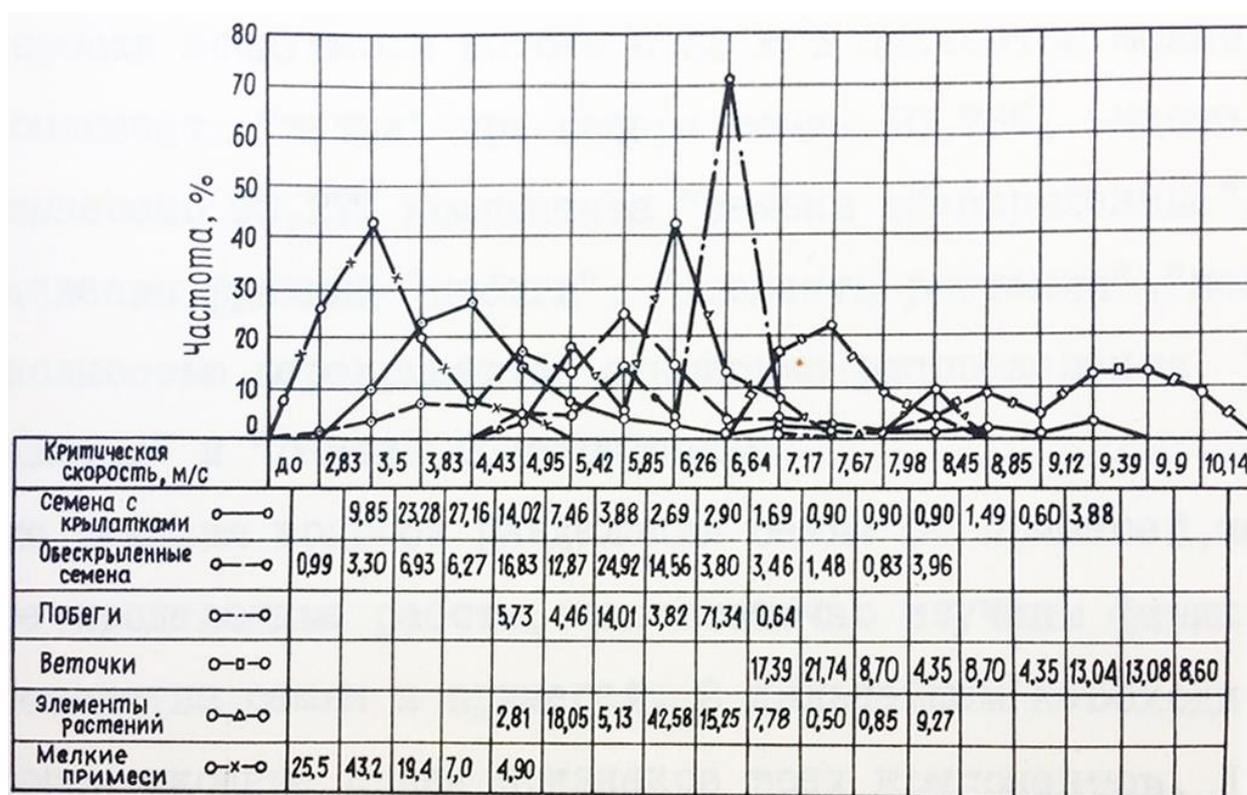


Рис.2.2. Вариационные кривые распределения компонентов вороха семян изеня по скорости витания.

Анализ кривых распределений показывает, что на решетке с диаметром \emptyset 1,7 мм проходом можно отделить 99,36% побегов, 52,17% веточек и 83,3%

мелких примесей. Если допустить потери семян, обескрыленных 3,13%, то еще дополнительно можно очистить 17,39% веточек в общем 69,56%. Кривые распределений элементов растений полностью перекрывается с кривыми распределений семян.

Вариационные кривые распределения компонентов вороха семян изеня по толщине представлены на рис.2.3. Анализ кривых распределения показывает, что кривые компонентов, «побеги», «веточки» и «элементы растений» полностью перекрываются с кривыми основных компонентов. При потере семян обескрыленных 5,1% можно отделить проходом отверстий шириной 0,9 мм 64,33% фракций, «побеги» 92,96% компонента «мелкие примеси». Сходом с решета отверстий шириной 2,4 мм можно отделить 8,2% компонента «элементы растений», но при этом в отходы будет вынесено 11,86% полноценных семян.

На рис.2.4 представлены результаты изучения величины скорости витания компонентов вороха семян изеня с помощью вариационных кривых показывает, что кривые распределения компонентов «семена с крылатками» и «семена обескрыленные» полностью перекрываются.

При скорости воздушного потока 6,64 м/с полностью можно отделить компонент «ветки» при потере семян 10,76%, вместе с тем будет вынесено 90,27% компонента «семена обескрыленные». Кривые распределения фракций «побеги», «элементы растений», «мелкие примеси» полностью перекрываются с кривыми распределения «семена с крылатками» и «семена обескрыленные».

Для решения вопроса разделения семян от примесей, несмотря на ранее проделанные работы, недостаточно изучены физико-механические свойства семян и примесей. В дальнейшем необходимо изучить корреляционные связи признаков всех компонентов. Для этого составили корреляционные матрицы для каждого компонента.

Исследуя соотношения размеров семян и примесей, определили, что основная масса примеси значительно отличается от основного компонента по признаку «длина» (приложение 1). Так как средняя длина побегов составила 25,6

мм, что в 7 раз превышает среднюю длину семени с крылатками и в 11 раз – длину обескрыленных семян, а ветки по сравнению с примесью «побеги» почти в два раза превышают по длине семян, в 1,4-2,4 раза.

Особенно характерно, что для всех компонентов примеси длина частиц значительно превышает ширину и толщину.

Корреляционная матрица признака для примеси «элементы» показывает, что связь между признаками «ширина» и «толщина» есть. Поскольку ширина и толщина имеют коэффициенты корреляции соответственно 1,0 и 0,594. Это означает, что в среднем чем больше ширина, тем больше и толщина. Для остальных признаков связь между признаками отсутствует.

Корреляционная матрица признака для семян с крылатками и обескрыленных семян показывает, что длина пропорционально меняется относительно толщине, поскольку семена имеют плоскую круглую форму, длина и ширина равны друг другу.

Для компонента примеси «побеги» признаки «ширина» и «толщина» пропорционально меняются и имеют связь с признаком «скорость витания компонента» который равен 0,461.

Компонент примеси «ветки» имеет связь по признакам «длина» и «скорость витания» - 1,0 и 0,39 соответственно.

Для остальных признаков каждого компонента связь признаками практически отсутствует.

Анализ кривых распределений компонентов вороха семян изеня по ширине, толщине и скорости витания показывает, что достичь высокой эффективности разделения от примесей по отдельным признакам представляется не возможным, поскольку кривые распределений большинства признаков значительно перекрываются. Чтобы повысить чистоту очистки указанного материала, целесообразно изучить возможность разделения семенного вороха изеня по всему комплексу рассматриваемых признаков вместе взятых.

2.3. Выводы по главе

1. Семенной ворох изеня, убраный комбайном СК-5 «Нива», содержит несколько компонентов, в которых содержится 40-50% семян, а остальными фракциями являются ветки, побеги, элементы растений и мелкие отходы, составляющие в пределах 50-60%.

2. Анализ исследования физико-механических свойств компонентов семенного вороха показывает, что их предстоит дополнительно изучать по корреляционным связям и при этом особенно характерно, что для всех компонентов примеси длина частиц значительно превышает их ширину и толщину.

3. Анализ вариационных кривых семенного вороха изеня показывает, что ни по одному из применяемых для сепарации признаков в отдельности (по длине, ширине, толщине и скорости витания) семена не разделяются от всех видов примесей, так как кривые распределения этих свойств для семян изеня и характерных примесей значительно перекрываются.

4. Следовательно, предстоит исследовать возможность разделения семян от примесей по всему комплексу рассматриваемых признаков.

Г Л А В А 3

РАЗРАБОТКА МЕТОДА И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СЕМЯН ОТ ПРИМЕСЕЙ

3.1. Особенности разрабатываемого метода

Материалы исследований физико-механических свойств семян изеня и основных сопутствующих компонентов примеси, представленные в предыдущей главе, показывают, что ни по одному из применяемых для сепарации признаков в отдельности (длине, ширине, толщине и скорости витания) семена не выделяются от всех видов примеси. Кривые распределений этих свойств для семян изеня и характерных примесей пересекаются (рис. 2.2, 2.3, 2.4).

Это обстоятельство заставляет, как и обычно в таких случаях проводить полные экспериментальные исследования технологии очистки с применением всего комплекса рабочих органов: решет с круглыми и продолговатыми отверстиями, триера и воздушного сепаратора в различных сочетаниях. Такие исследования требуют больших затрат труда и времени, хорошую лабораторную базу и много исходного материала.

Сказанное относится и к семенам многих других ценных пустынных кормовых растений (например, терескен, полынь, камфаросма), для которых или еще не разработаны технологии механизированной очистки или требуется совершенствование.

Назрела необходимость разработки теоретико-экспериментального метода исследования и расчета с помощью ЭВМ технологии очистки различных семян, который позволял бы на основе анализа физико-механических свойств материала находить оптимальные технологии очистки, требующие лишь экспериментальной проверки.

Такая постановка задачи не является новой – уже известны решения подобной проблемы, но наиболее полное решение получено в работах А.Н.Зюлина, которые рассмотрены нами в главе 1. Предлагаемый нами метод является дальнейшим развитием метода А.Н.Зюлина [82, 83, 85]. Недостатком известного метода является то, что он не позволяет определять качество разделения материала при заданных границах признаков, т.е. при заданных параметрах и режимах рабочих органов (размеры отверстий решет, ячеек триеров, скорости воздуха), что является на практике необходимым. Известный

метод расчета позволяет лишь определять наилучшие границы признаков, обеспечивающее заданное качество очистки (чистоту семян и потери их).

Другой существенный недостаток известного метода заключается в том, что при исследовании технологии выбор последовательности операций ограничивается условием возрастающего порядка применяемых признаков разделения.

В результате данной работы эти недостатки устранены и в программу ЭВМ внесены операторы ввода задаваемых границ признаков и расчета показателей качества очистки семян по задаваемым технологии и границам признаков в любой последовательности их применения.

Рассмотрим подробнее метод и программу расчета технологии очистки семян.

3.2. Метод расчета технологии очистки семян

Предполагаем, что имеется семенной материал, состоящий из основного компонента (С), т.е. семян, содержанием E_n и примеси (П).

Свойства смеси, как объекта распределения, определены признаками представительных выборок компонентов объемов $N^{(c)}$ и $N^{(n)}$. Каждая частица характеризуется n признаками x_1, x_2, \dots, x_n . Имеется n сепараторов (рабочих органов), каждый из которых разделяет материал по своему признаку x_i , где: i - номер признака.

Кроме того, заданы показатели качества разделения, которые должны быть достигнуты: чистота E_k конечного (очищенного), продукта (содержание основного компонента в готовом продукте) и содержание δ_k основного компонента в отходе.

Требуется определить комплекс сепарирующих органов из данных и последовательность их применения, т.е. технологию, обеспечивающую наибольшую полноту выделения основного компонента чистоты E не ниже заданной E_k при содержании его в отходе не выше δ_k .

Нетрудно установить, что допустимый уровень содержания основного компонента в отходе δ_k связан с допустимым количеством потерь его и величинами $E_{и}$ и E_k выражаем:

$$\delta_k = \gamma \left(\frac{1}{E_{и}} - \frac{1-\gamma}{E_k} \right) \quad (3.1)$$

где: γ – потери основного компонента в относительных единицах к содержанию его в исходном материале.

Действительно, содержание основного компонента (в данном случае семян) в отходе определяется отношением количества семян в отходе $M_{с.о}$ к общей массе фракции отхода $M_{ф.о}$:

$$\delta_k = M_{с.о} / M_{ф.о}, \quad (3.2)$$

Количество семян в отходе определяется произведением величины потерь семян γ на количество подаваемых семян Q_c :

$$M_{с.о} = \gamma Q_c, \quad (3.3)$$

Величина $M_{ф.о}$ состоит из двух частей – семян, попавших во фракцию отхода и примеси y , являющейся отходом. Сколько семян в этой фракции – известно, это γQ_c . Определим сначала количество примеси x , оставшейся в очищенных семенах из уравнения, выражающего содержание семян в конечном продукте, т.е. в очищенных семенах:

$$\frac{(1-\gamma) Q_c}{(1-\gamma) Q_c + x} = E_k \quad (3.4)$$

В числителе этого выражения записано количество семян (абсолютно чистых), а в знаменателе – общее количество фракции очищенных семян, включающее в оставшуюся часть примеси x . Из уравнения (3.4) находим

$$x = \frac{(1-\gamma) Q_c}{E_k} - (1 - \gamma) Q_c. \quad (3.5)$$

Количество примеси y в отходе получим вычитая величины Q_c и x из общего количества Q подаваемого на обработку материала:

$$y = Q - Q_c - \frac{(1-\gamma) Q_c}{E_k} - (1 - \gamma) Q_c. \quad (3.6)$$

Подставляя в формулу (3.2) величины из выражений (3.3) и (3.6), получим:

$$\delta_k = \frac{\gamma Q_c}{\gamma Q_c + Q - Q_c - \frac{(1-\delta) Q_c}{E} + (1-\gamma) Q_c} = \frac{\gamma Q_c}{Q - \frac{(1-\gamma) Q_c}{E_k}}. \quad (3.7)$$

Разделив числитель и знаменатель последнего выражения на Q_c и учитывая, что величина $Q_c / Q = E_n$, получим выражение (3.1).

Технология определяется с учетом задаваемых и вычисляемых критериев. Задаваемые критерии определяют безусловный или условный приоритет того или иного сепаратора на определенном месте очистительной линии, количество фракций, получаемых на каждом сепараторе и др., например, обработка по признаку x_k (по которому работает машина предварительной очистки) должна предшествовать всем остальным независимо от количества выделенной примеси. Такие критерии определяются по условиям, не связанным со свойствами данного конкретного материала, а с учетом других факторов, таких как надежность процесса, универсальность при обработке разных материалов, производительность и др.

В качестве вычисляемых критериев применяются количество выделенного основного компонента, количество выделенной примеси, сумма их или другие условия, связанные с качеством обработки материала. По этим

критериям определяется целесообразность применения того или иного сепаратора для разделения данной смеси и его место в технологии. Например, если по признаку x_i выделяется только 10% примеси, то применение i - сепаратора следует признать не рациональным. Если по признаку x_m выделяется 60% основного компонента, а по признаку x_e - 20%, то m – сепаратору следует отдать предпочтение и использовать его в технологии перед другими, если нет ограничений задаваемыми критериями, поскольку он обеспечивает снижение потребной производительности других машин.

Поиск технологии производим следующим образом:

1. Ранжируем частицы смеси по каждому признаку, x_i , $i = 1, 2, \dots, n$ в отдельности

$$x_{i1} \leq x_{i2} \leq \dots \leq x_{iN} \quad (3.8)$$

где: $N = N^{(c)} + N^{(n)}$.

В зависимости от свойства компонентов и разделяющей способности признака x_i возможны различные случаи взаиморасположения компонентов в этом ряду. Характерными являются следующие (рис.3.1):

а) примесь распределена с одной стороны основного компонента, например, справа (рис.3.1, а);

б) примесь распределена по обе стороны от основного компонента (рис.3.1, б);

в) области значений признака x_i компонентов пересекаются без выраженного преимущественного сосредоточения одного из них (рис.3.1, в) на каком-либо интервале, большем пороге чувствительности сепаратора.

2. Определяем граничные значения $x_{i1}^{(c)}$, $x_{i2}^{(c)}$ признака, отделяющие фракцию очищенного материала (семян) требуемой чистоты, и граничные

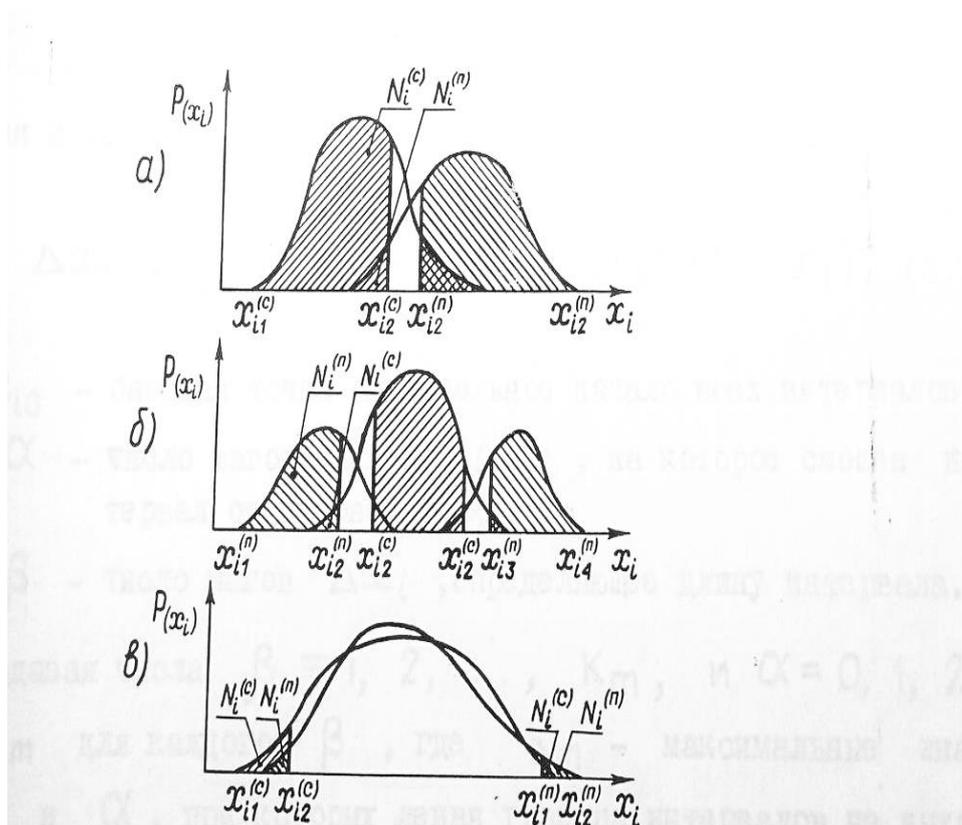


Рис.3.1. К расчету границ признаков,  - семена,  - примесь.

значения $x_{i1}^{(n)}$, $x_{i2}^{(n)}$, отделяющие фракцию примеси с заданным содержанием основного компонента.

Поскольку возможен любой из рассмотренных вариантов (а) ... (в) распределения компонентов по признаку x_i , то для поиска граничных значений в общем случае необходимо рассматривать множество всевозможных интервалов внутри области изменения признака – от x_{i1} до x_{i2} . Каждому интервалу соответствует фракция материала, которая может быть отделена данным сепаратором. Из всего множество возможных фракций требуется выделить наибольшие – фракцию основного компонента заданной чистоты и фракцию примеси (отхода) с допустимым (заданным) содержанием основного компонента. Обозначим через $\Delta \bar{x}_i$ предельную (пороговую) чувствительность сепаратора, смысл которой состоит в том, что сепаратор не разделяет частицы, различающие по признаку x_i , менее чем на $\Delta \bar{x}_i$.

Рассмотрим множество интервалов, длина которых кратна $\Delta\bar{x}_i$, а начало смещено относительно некоторой базовой точки, например, минимального значения признака x_i , на величину, также кратную $\Delta\bar{x}_i$ каждый интервал $\Delta\bar{x}_i$ может быть представлен в виде

$$\Delta x_i(\alpha, \beta) = (x_{i0} + \alpha\Delta\bar{x}_i, x_{i0} + (\alpha + \beta)\Delta\bar{x}_i), \quad (3.9)$$

где: x_{i0} – базовая точка (минимальное начало всех интервалов);

α – число шагов длиной $\Delta\bar{x}_i$, на которое смещен интервалов от базовой точки;

β – число шагов $\Delta\bar{x}_i$, определяющее длину интервала;

Задавая числа $\beta = 1, 2, \dots, K_m$, и $\alpha = 0, 1, 2, \dots, K_m$ для каждого β , где K_m – максимальные значения β и α , при которых левая граница интервалов не выходит за пределы x_N , можно последовательно рассмотреть все интервалы.

Величина K_m определяется как максимальное количество интервалов длиной $\Delta\bar{x}_i$, укладывающихся в границах изменения признака, т.е. как целая часть отношения длины интервалов:

$$K_m = f_{ц}(|x_{iN} - x_{i1}| \Delta\bar{x}_i^{-1}), \quad (3.10)$$

где: $f_{ц}(\cdot)$ – функция, определяющая целую часть выражения (\cdot) .

Для каждого интервала $\Delta x_i(\alpha, \beta)$, определенного выражением (3.10), подсчитываем количество $N^{(c)}(\alpha, \beta)$, частиц примеси, признак x_i , который попал в этот интервал, и вычисляем содержание основного компонента в соответствующей этому интервалу фракции:

$$E_i^{(c)}(\alpha, \beta) = \frac{E_u N_i^{(c)}(\alpha, \beta)}{E_u N_i^{(c)}(\alpha, \beta) + (1 - E_u) N_i^{(п)}(\alpha, \beta)}. \quad (3.11)$$

Величину $E_i^{(c)}(\alpha, \beta)$ сравниваем с E_k и δ_k для тех интервалов, в которых

$$E_i^{(c)}(\alpha, \beta) \geq E_k \quad (3.12)$$

$$E_i^{(c)}(\alpha, \beta) \leq \delta_k \quad (3.13)$$

вычисляем относительное количество $\varepsilon_i^{(c)}$ основного компонента и $\varepsilon_i^{(n)}$ примеси

$$\varepsilon_i^{(c)} = N_i^{(c)}(\alpha, \beta) N_i^{(c)-1}; \quad \varepsilon_i^{(n)} = N_i^{(n)}(\alpha, \beta) N_i^{(n)-1} \quad (3.14)$$

В интервалах, удовлетворяющих условиям (3.12) и (3.13), получаются фракции, отвечающие требованиям очищенного материала и, соответственно, выделяемого отхода.

Определяем интервал с максимальным значением $\varepsilon_i^{(c)}$, границы его принимаем за пороговые значения $x_{i1}^{(c)}$, $x_{i2}^{(c)}$ признака, отделяющие фракцию очищенного материала.

Из всех интервалов, удовлетворяющих условию (3.13), рассматриваем непересекающиеся с найденным интервалом $(x_{i1}^{(c)}, x_{i2}^{(c)})$ и из них выбираем интервал с наибольшим значением $\varepsilon_i^{(n)}$. Границы этого интервала принимаем за пороговые значения $x_{i1}^{(n)}$, $x_{i2}^{(n)}$, отделяющие фракцию отхода.

Поскольку примесь может быть неоднородной – состоять из нескольких различных компонентов, как в случае, представленном на рис.3.1.б, то фракции отхода могут быть размещены на обоих краях ранжированного ряда (3.8) и, определяя пороговые значения фракции отхода, необходимо проверять, нет ли такой фракции с другого края ряда. Для этого определяем, какую из крайних точек x_{i1} или x_{iN} включает отрезок $[x_{i1}^{(n)}, x_{i2}^{(n)}]$ и проверяем, нет ли среди интервалов, удовлетворяющих условию (3.13) и непересекающихся с $(x_{i1}^{(c)}, x_{i2}^{(c)})$,

такого, который включает другую крайнюю точку ряда (3.8) и имеет наибольшее значение $\varepsilon_i^{(n)}$ из всех подобных интервалов. Если такой интервал находится, то границы его также включаем в пороговые значения признака, отделяющие вторую фракцию отхода. Эти значения в отличие от первых $x_{i1}^{(n)}, x_{i2}^{(n)}$ будем обозначать $x_{i3}^{(n)}, x_{i4}^{(n)}$.

3. По найденным величинам $\varepsilon_i^{(c)}$ и $\varepsilon_i^{(n)}$ $i = 1, 2, \dots, m$, и с учетом задаваемых критериев выбираем сепаратор для первой технологической операции.

Целесообразность применения i - сепараторов определяем сравнением значений $\varepsilon_i^{(c)}$ и $\varepsilon_i^{(n)}$ с заданными $\Delta\varepsilon_i^{(c)}$ и $\Delta\varepsilon_i^{(n)}$ для каждого сепаратора.

Задаваемая величина $\Delta\varepsilon_i^{(c)}$ (или $\Delta\varepsilon_i^{(n)}$) определяется как минимальное количество компонента, для выделения которого еще имеет смысл осуществлять обработку и материала на данном сепараторе. Кроме того, эта величина должна быть больше возможной погрешности определения ε_i , обусловленной случайностью выборки, рассматриваемой совокупности частиц.

Если для некоторого i окажется, что $\varepsilon_i^{(c)} < \Delta\varepsilon_i^{(c)}$ или $\varepsilon_i^{(n)} < \Delta\varepsilon_i^{(n)}$, то применение i - сепаратора для выделения основного компонента или примеси следует признать нецелесообразным. Если для всех $i = 1, 2, \dots, m$ будут выполняться оба условия, то можно заключить, что данная зерновая смесь является неразделимой рассматриваемым комплексом сепараторов.

В качестве первого (i_1) сепаратора можно принять, например, такой, для которого величина $\lambda = \varepsilon_i^{(c)} + \varepsilon_i^{(n)}$ наибольшая.

4. «Выделяем» фракции по признаку i_1 , в соответствии с пороговыми значениями, определенными по п.2, удаляя из массива те частицы, признак x_{i1} которых попадает в интервал из соответствующих пороговых значений.

Относительное количество таких частиц определено величинами $\varepsilon_i^{(c)}$ и $\varepsilon_i^{(n)}$ по формулам (3.14).

5. Операции по п.1...4 повторяем с оставшимся массивом до полного разделения смеси либо до прекращения процесса из-за невозможности дальнейшего разделения по условиям

$$\varepsilon_i^{(c)} < \Delta\varepsilon_i^{(c)} ; \quad \varepsilon_i^{(n)} < \Delta\varepsilon_i^{(n)}.$$

6. Вычисляем суммарные доли компонентов, выделяемых в результате всех этапов процесса

$$\bar{\varepsilon}^{(c)} = \sum_{j=1}^z \varepsilon_j^{(c)} ; \quad \varepsilon^{(n)} = \sum_{j=1}^z \varepsilon_j^{(c)},$$

где: z - число этапов (операций) разделения;

j - порядковый номер операции.

3.3. Особенности программы расчета технологии очистки семян

Программа расчета технологии, описанный метод разработана на языке Фортран-77 (F-77) и предназначена для машин типа и совместимых с ними. Текст программы представлен в приложении.

Исходные свойства исследуемого материала вводятся при расчете в программу с внутреннего (жесткого) или внешнего (флекси) диска в файлах А.ДАТ (семена) и В.ДАТ (примесь). Признаки основных компонентов исходного материала хранятся в машине или на гибком диске в специальных файлах.

Исходные данные расчета, включающие данные о числе (n) используемых признаков, числе частиц в выборках (N_1, N_2), последовательности исследования признаков и других, необходимых для расчета параметров, вводятся из файла ДАН.ДАТ (см. приложение 2).

Задаваемые границы признаков, необходимые при оценке качества очистки в заданной технологии и при заданных параметрах и режимах рабочих органов, вводятся из файла Р.ДАТ (приложение 2).

Результаты расчета записываются на жесткий или флекси диск) в файл С.ДАТ (приложение 4-7).

В процессе счета на экран дисплея выводятся свойства используемых компонентов материала, а также конечные результаты расчета о количестве выделяемых семян и отхода из каждой операции (по каждому признаку).

Продолжительность счета зависит от быстродействия используемой ЭВМ, объемов представительных выборок компонентов материала и выбранного режима оптимизации технологии. На машине с процессором 12 МГц при объеме выборок семян и примеси до 1000 шт., число признаков 4, число шагов признаков до 100 продолжительность оптимизационного расчета технологии не превышает 20 минут.

3.4. Расчет и исследование на ЭВМ технологии очистки семян изеня

Основные результаты исследований технологии очистки семян изеня представлены в приложениях 4-7. Содержание семян в исходном материале принято равным 0,4, исходя из анализа исходного материала (см. главу 2). чистота требуемых (очищенных) семян принята равной 0,7 (по техническим условиям ТУ 46-809-72).

В качестве критерия выбора последовательности операций разделения принят критерий №1, при котором первой выбирается операция по тому признаку, по которому достигается наибольшая сумма количества выделенных фракций семян в отходе.

Результаты расчета (приложение 4) показывают, что наиболее эффективным признаком разделения является длина. По этому признаку выделяется 91% семян требуемой чистоты (не ниже 0,7). По ширине возможно выделение лишь 7,5% семян.

Следующим после длины эффективным признаком разделения является толщина. По этому признаку выделяется 83% семян.

Воздушным потоком выделяется 77% семян.

В результате анализа эффективности применение различных признаков (длины, ширины, толщины и скорости витания) в качестве первой операции

принята сепарация по длине. При этом 91% семян имеют длину (и ширину) менее 4,1 мм. Примеси и часть семян длиной 5,0 мм относятся к отходу. Материалы, частицы которого имеют длину от 4,1 до 5,0 мм, не соответствуют по чистоте требованиям семян и должны разделяться по другим признакам.

Дальнейший анализ этого оставшегося материала показал, что по ширине из него можно выделить 7,1% семян и 12% отхода, а по скорости витания – 5,4% семян и 11,5% отхода. По условию принятого критерия оптимизации технологии (№1) второй операцией очистки семян выбрана сепарация по ширине.

В результате использования двух операций (по длине и ширине) получено семян 98,1%.

Рассмотрим полученные результаты с точки зрения практического осуществления технологии, т.е. какими рабочими органами можно очистить семена по рассчитанным признакам.

Как известно из литературы [35, 40, 64, 86], для разделения по длине используется триер, по ширине – решетка с круглыми отверстиями, а по толщине – решетка с прямоугольными отверстиями. Однако в данном случае применение этих рабочих органов для осуществления процессов разделения по требуемой последовательности операций оказывается мало эффективным. Это связано с особенностями свойств обрабатываемого семенного материала, затрудняющими работу известных сепарирующих органов.

Применение триера осложняется двумя обстоятельствами:

1). Нет достаточно широко набора цилиндров различных размеров ячеек (в частности нет цилиндра с требуемыми ячейками диаметром 4,1 мм);

2). Исходный семенной материал пустынных кормовых растений является слабо сыпучим по биологическим характеристикам и из-за большого содержания в нем крупных примесей (побегов, веток и др.). Такой материал трудно подать равномерно и надежно в триер без предварительной очистки от таких примесей.

Если рассмотреть возможность очистки семян по толщине (по расчету можно выделить 83%), то для этого следовало бы использовать решетку с

прямоугольными отверстиями шириной 1,0 мм и 1,7 мм. Очищенные семена составляют фракцию, проходящую через решето 1,7 мм сходящую с решета 1,0 мм.

Осуществление такого процесса очистки является очень сложным в связи с тем, что полноценные семена с крылатками имеют ширину более чем в два раза превышающую их толщину и поэтому располагаются на решете вдоль его плоскости. В таком положении они не могут пройти в отверстие шириной 1,7 мм при обычных режимах работы решета в существующих машинах. Для обеспечения условий перпендикулярной ориентации частиц относительно плоскости решета необходимо искать другие режимы движения решета с увеличенной вертикальной составляющей колебания. Но и в этом случае нет оснований ожидать достаточно хороших результатов по производительности, так как необходимо обрабатывать материал при малой толщине слоя на решете и в течение длительного времени для достаточно полного просеивания семян, толщина которых мало отличается от ширины отверстий решета.

Из рассмотренных признаков остается скорость витания, однако в этом случае выделяется только 77 % семян.

Рассматривая соотношения размеров семян и примесей, замечаем, что основная масса примесей значительно отличается от семян по длине (см.

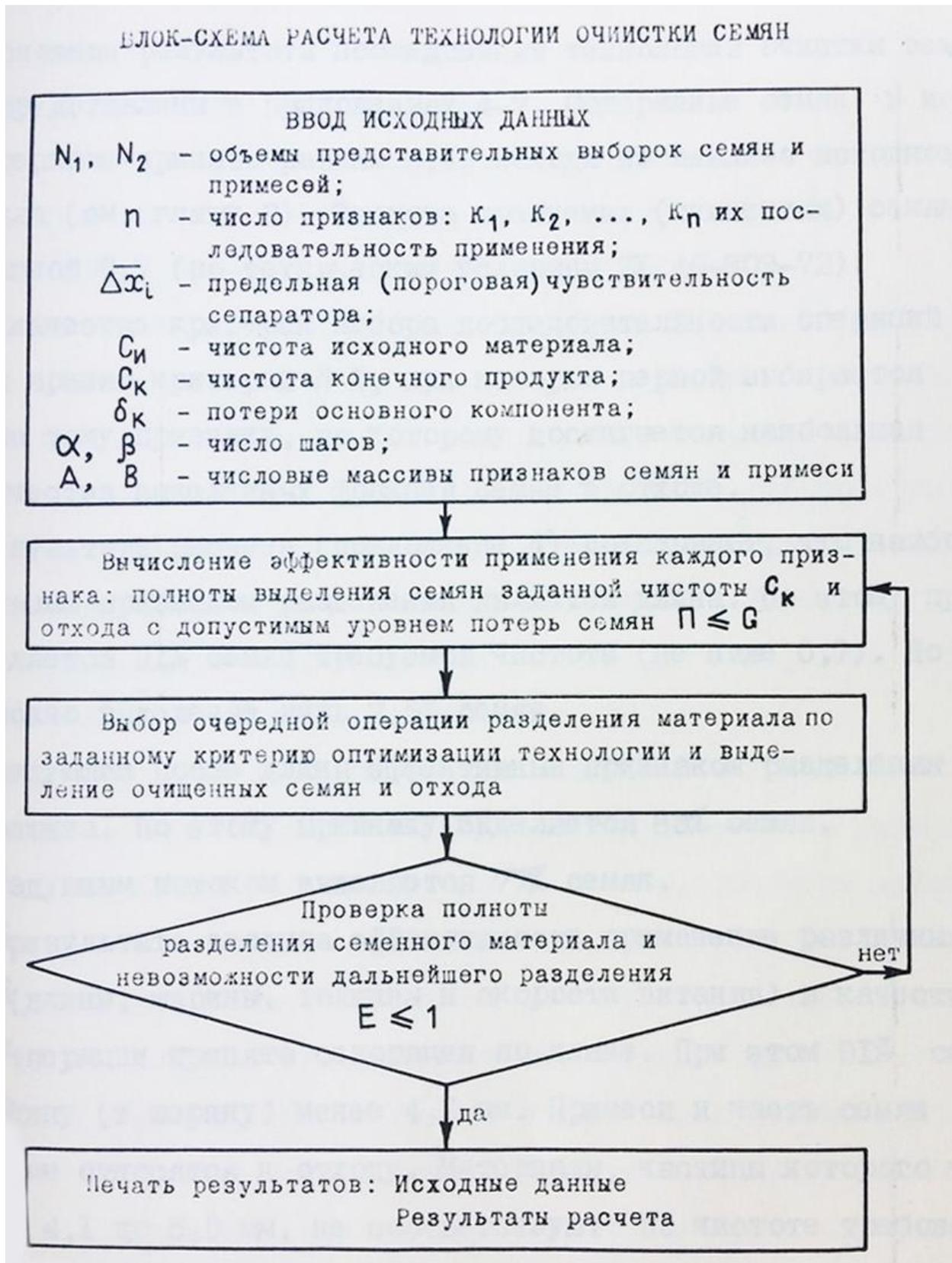


Рис.3.2. Блок-схема расчета технологии очистки семян

статистическую характеристику в приложении 1). Так, средняя длина побегов составляет 25,6 мм, что в 7 раз превышает среднюю длину семян с крылатками и в 11 раз – длину обескрыленных семян. Другой компонент примеси – ветки

почти в два раза превышает по длине побег. Из основных компонентов примеси – элементы по длине также превосходят семена изеня, хотя в этом случае превышение не так велико – в 1,4-2,4 раза. Для всех этих компонентов примеси характерно и еще одно важное соотношение – длина частиц значительно (в несколько раз) превосходит их ширину и толщину.

Из работ Г.Д.Терскова /49/, А.Н.Зюлина /61/ известно, что в таких случаях, т.е. когда длина частиц значительно превосходит ширину и толщину, главным признаком по которому определяется вероятность просеивания через решето с круглыми отверстиями является длина частиц. В этом случае решето с круглыми отверстиями сепарирует материал в основном по длине частиц, а для тех частиц, ширина и длина которых близки к диаметру отверстий – сепарация осуществляется по ширине. Следовательно, для семян изеня и основных компонентов его примесей выполняются условия эффективного сепарирования по длине решетками с круглыми отверстиями. Это подтверждают и результаты расчета, представленные в приложении 5. В этих расчетах для очистки семян по длине частиц использованы решета с круглыми отверстиями диаметром $\varnothing 4,0$ мм и $\varnothing 1,5$ мм. Проходом через решето $\varnothing 4,0$ мм выделяется 88,5% семян с чистотой 73%. Остальные семена вместе с примесями, сходящие с этого решета, должны быть направлены на пневмосепаратор для очистки по скорости витания.

Для разделения семян с крылатками и обескрыленных семян целесообразно, как показывают расчеты (приложение б), использовать решета с круглыми отверстиями диаметром 2,5...3,0 мм.

В результате теоретических исследований составлена схема технологического процесса очистки семян изеня от примесей. Ниже приводятся (табл.3.1) последовательность технологического процесса и основные параметры устройства для его осуществления.

| | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Таблица 3.1 Технологическая карта | Параметры рабочего органа (предлагаемые) | Решето | Решето | Решето | Скорость воздушного потока |
| | | а) $\varnothing 4,0$ мм | б) $\varnothing 2,5$ мм | в) $\varnothing 1,5$ мм | |
| В канале 5,5...6,0 м/с | | | | | |

| №№ пп | Наименования операции | Средство, рабочий орган для выполнения технологическо й операции | Вид разделения (отделяемые фракции) |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Загрузка вороха в бункер Фракционное разделение вороха на решетном стане | Ручное приспособление Колесблющеся решето | - Сходом – ветки, побеги, элементы растений, часть семян с крылатками; проходом – семена с крылатками, семена обескрыленные, бутоны, мелкие примеси; сходом –семена с крылатками; проходом–семена обескрыленные, бутоны, мелкие примеси; сходом–семена обескрыленные; проходом-бутоны, мелкие примеси |
| 3. | Фракционное разделение вороха пневмреспарирующем канале | Вертикальный воздушный канал с наклонной поддерживающе й решеткой, соединенной с вентилятором | Пневмосепарация фракций семян с крылатками. Сходом по поддерживающей решетке-ветки, элементы растений |

Выводы по главе

1. Разработанный метод и программа для ЭВМ расчета технологии очистки семян позволяют на основе анализа физико-механических свойств семян и примесей исследовать всевозможные варианты технологии и определять

оптимальные последовательности операций сепарации, обеспечивающие очистку семян задаваемого качества в зависимости от характеристики исходного материала.

2. Проведенные по разработанному методу и программе исследования показали, что для очистки семян изеня целесообразно применять машину, содержащую три яруса решет с круглыми отверстиями и пневмосепаратор. Верхнее решето с отверстиями диаметром 4,0-4,5 мм, среднее – Ø 2,5-3,0 мм и нижнее – Ø 1,5 мм. Сход с верхнего решета обрабатывается на пневмосепараторе – при скорости воздушного потока около 6 м/с выделяются семена с крылатками (до 10% от количества семян в исходном материале). Сход со среднего решета представляют собой семена с крылатками, а сход с нижнего решета – обескрыленные семена. Проход нижнего решета (Ø 1,5 мм) и тяжелая фракция от пневмосепаратора являются отходом.

Эффективность работы такой технологической схемы должна быть проверена экспериментальными исследованиями.

Г Л А В А 4

ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальное исследование технологического процесса работы очистительной установки семенного вороха изеня и определение ее основных

параметров, режимов работы проводились в лабораторных и лабораторно-полевых условиях. При составлении программы и методики проведения исследований учтены результаты ранее проведенных исследований, выполненных в ВИСХОМе, ВИМе, ВИКе, НПО «Средазсельхозмеханизация», НПО «Казсельхозмеханизация», ВНИИК, СредазНИИЛХ, ТИИИМСХ, а также методики исследования аналогичных технологических процессов, приведенные в работах А.Т.Турабаева /31/.

1.1. Программа исследований

Программой работ предусмотрена разработка следующих вопросов:

4.1.1. Изучение исходных материалов для очистки семян:

- Изучение физико-механических свойств вороха семян изеня, убранный комбайном СК-5 «Нива» с одновременной предварительной очисткой на аэромеханическом сепараторе (фракционный состав, размерные характеристики, скорость витания, вариационные и корреляционные связи компонентов и др.);

4.1.2. Исследование технологий очистки семян от примесей, позволяющих достигать максимальной степени очистки;

4.1.3. Исследование сепарации семенного вороха изеня и обоснование технологического процесса очистки семян;

4.1.4. Определение факторов, влияющих на степень очистки семян:

- частота колебаний решета (ω);
- амплитуда колебаний решета (A);
- подача исходного материала (q);
- углы наклона решет (α_1) и (α_2);

4.1.5. Планирование экстремального эксперимента с целью определения оптимальных параметров и режимов работы рабочих органов.

4.1.6. Лабораторные и полевые испытания по исследованию процесса очистки семенного вороха изеня с целью обоснования и уточнения оптимальных параметров и режимов работы рабочих органов очистительного устройства;

4.1.7. Определение экономической эффективности механизированного процесса очистки вороха семян изеня от примесей.

1.2. Методика исследований

Исследования по изучению физико-механических свойств семенного вороха изеня и экспериментальные исследования сепарации проведены по стандартным методикам /88, 89, 90, 91/.

4.2.1. Отбор среднего образца навесок, предназначенного для исследований в лабораторных условиях, проводился по ГОСТ 12036-85.

4.2.2. Изучение фракционного состава семенного вороха проводилось по ГОСТ 12037-81. Для разделения семян по фракции были использованы набор ручных сетчатых классификаторов и решетный классификатор, вместе с тем детально по каждой фракции разделены вручную.

Для точного установления истинности результатов к разборке подвергались по шесть навесок массой в 1,0 кг каждого вида семян, взятого в совхозе «Бирлик» Чимкентской области, в совхозе «Джамбул» и им. Ю.Ахунбабаева.

Навески и фракции взвешивались на весах ВЛКТ-500 г-М с точностью до 0,01 г.

4.2.3. Размерные характеристики по фракциям определены по трем размерным показателям – длине, ширине и толщине.

Для получения истинных размеров семян и компонентов определялась изменчивость всей совокупности, которая представлялась в виде вариационной кривой.

Так как размеры семян и компонентов меняются в довольно широких пределах, замеры длины веток производились штангенциркулем с ценой деления 0,05 мм, а размеры семян и мелких примесей измерялись на увеличителе с 10-кратным увеличением.

Решетным классификатором произведены классификация семян и примесей по толщине и ширине. Классификация производится набором решет с

рабочими размерами отверстий, равными границами классовых промежутков вариационного ряда так, чтобы внизу были решета с меньшими размерами отверстий.

Навески вороха массой в 100 г семенной смеси, подлежащие к замеру, согласно ГОСТ 12037-81 по методу выделения средней пробы, разделились на классификаторе в течение 5 минут.

Повторность замера – пятикратная.

4.2.4. Аэродинамические свойства фракционных составляющих семенного вороха.

Аэродинамические свойства фракционных составляющих характеризуют – критическая скорость, коэффициент сопротивления и коэффициент парусности. По различию этих свойств происходит процесс разделения семенного вороха в воздушном потоке. Из этих свойств наиболее характерным является критическая скорость (скорость витания).

При движении частицы фракционных составляющих в вертикально воздушном потоке ее дифференциальное уравнение движения имеет вид /89/,

$$\frac{mdu}{dt} = \mathbf{R} - \mathbf{G}, \quad (4.1)$$

где: \mathbf{u} - относительная скорость частицы или скорость обтекания частицы воздухом;

\mathbf{G} - вес частицы;

\mathbf{R} - сила действия (сопротивления) воздушного потока.

$$\mathbf{R} = \frac{k\gamma}{g} f u^2, \quad (4.2)$$

где: \mathbf{k} – коэффициент сопротивления;

γ - удельный вес воздуха;

\mathbf{g} - ускорение свободного падения;

F - площадь проекции зерна на плоскость, перпендикулярную направлению скорости движения (миделево сечение).

Если частицы семенной смеси находятся в воздушном потоке во взвешенном состоянии, то ускорение

$$\frac{du}{dt} = 0$$

и $R = G$.

Тогда в этом состоянии скорость воздушного потока называется критической (скорость витания), следовательно

$$R = \frac{k\gamma}{g} F u_s^2 / G = G, \quad (4.3)$$

откуда

$$U_s = \sqrt{G / (k\rho F)}. \quad (4.4)$$

где: $\rho = \gamma / g$.

Таким образом, сопротивление, которое оказывает воздушная среда движущемуся телу, зависит от его размеров, формы, состояния поверхности, плотности и расположения тела по отношению к направлению потока и др. Величина сопротивления среды определяется формулой

$$R = k F \rho u^2. \quad (4.5)$$

Способность тела в целом оказывать сопротивление воздушному потоку заданной скорости называется коэффициентом парусности. Ускорение, которое сообщает частице семенной смеси, выражается формулой:

$$j = \frac{R}{m} = k \gamma F u^2 / (mg) = k \gamma F u^2 / G, \quad (4.6)$$

Величина $k \gamma F / G = K_n$ есть коэффициент парусности. Из формулы видно, что коэффициент парусности прямо пропорционален площади миделево сечения, приходящейся на единицу веса тела.

Так как при расчетном определении скоростей витания частиц результаты будут не точными, поэтому ее можно определять экспериментально на воздушных классификаторах.

Скорость витания фракционных составляющих семенного вороха определялась на парусном классификаторе ППК-ВИМ /91/. Замер произведен следующим образом. Из общей массы семенного вороха отбирается навеска по ГОСТ 12036-85 и эту навеску помещают на сетку стакана классификатора (рис.4.1). При закрытой заслонке во всасывающей системе включают вентилятор классификатора.

Регулировка скоростного напора в вертикальной трубе производится вышеупомянутой заслонкой.

С помощью микроманометра ММН и трубки Пито-Прантделя измеряется динамическое давление потока h_d . Подставляя значение h_d в формулу

$$V_{вт} = 4,04 \sqrt{h_d}, \quad (4.7)$$

определяем скорость воздушного потока в трубе парусного классификатора.

Для определения динамического давления сначала устанавливаем минимальный динамический напор, когда уносятся наиболее легкие частицы семенного вороха от сетки стакана и максимальный динамический напор, когда уносятся наиболее тяжелые частицы семенного вороха на сетке зерна воздушным потоком в отстойник. Соответственно, вычисляются минимальное и максимальное значения скоростей витания. Промежуток от минимального до максимального значений скорости витания разделен на классы с интервалом 0,5 м/с и для каждого интервала вычислено значение динамического напора.

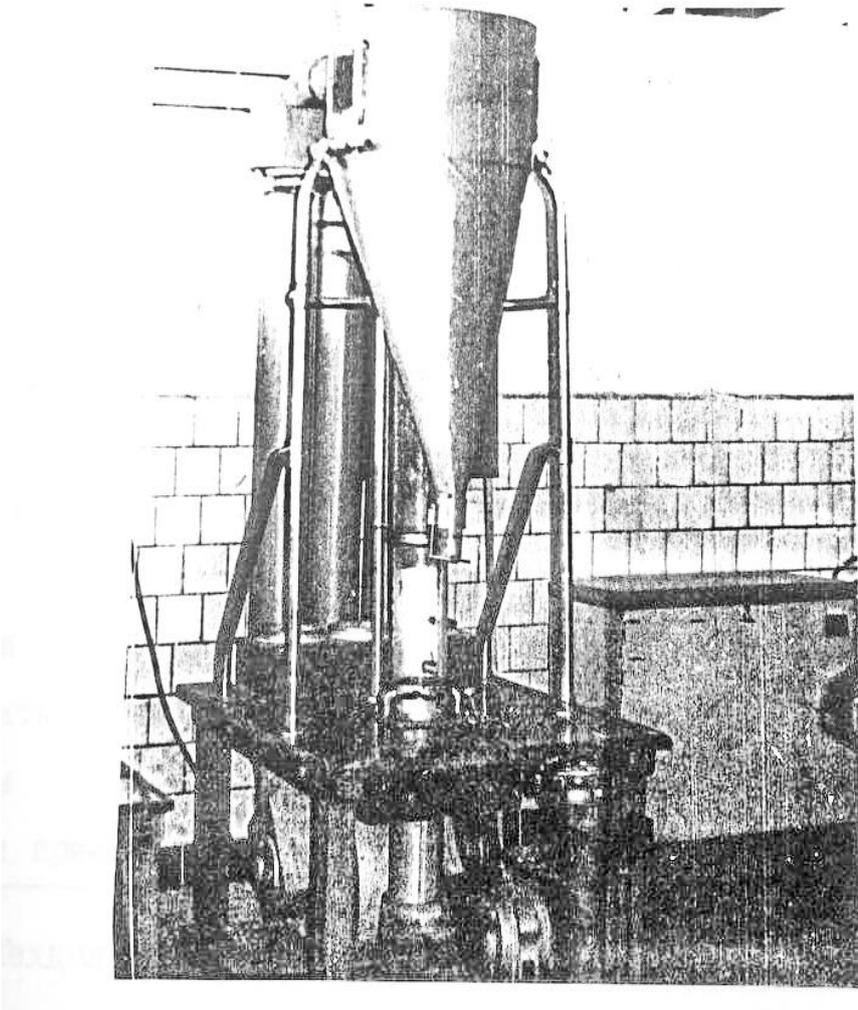


Рис.4.1. Порционный парусный классификатор ППК-ВИМ

Опыты проводили в пятикратной повторности. Время работы на каждом классе – 5 минут. Значение этих данных записывается в виде вариационного ряда или кривой.

Взвешивание фракции каждого класса производили на весах ВЛКТ-500 г-М с точностью до 0,01 г.

4.2.5. Методика исследований очистки вороха на решетках

4.2.5.1. Объект исследования

Экспериментальное исследование очистки вороха семян изеня («каменистый») после механизированной уборки (комбайн СК-5 «Нива») с

одновременной предварительной частичной очисткой на аэромеханическом сепараторе было проведено в хозяйственных условиях.

Исследование фракционного состава вороха семян изеня показывает, что в нем содержатся следующие фракции: семена с крылатками, семена обескрыленные, семена оголенные, ветки, побеги, элементы растений, бутоны, мелкие примеси. Процентное содержание фракций приведено в таблице 4.1.

Технологический процесс очистки семян составлен по различию в фракционном составе вороха (рис.4.2).

Исходный материал (семенной ворох изеня) загружается в приемный бункер 1. Лопастной дозатор 3 с помощью ворошителя 2 равномерно подает семенной ворох на решетный стан 4, решето **а** где сходом выделяются крупные примеси (ветки, побеги, элементы растений) и часть семян с крылатками, поступающие на поддерживающую решетку **г** пневмосепаратора 9. Воздушный поток, подаваемый вентилятором 8, выдувает легкие примеси и семена с крылатками в осадочную камеру 12, где семена с крылатками собираются в емкости 11. Тяжелые примеси (ветки, побеги и элементы растений) сходом по поддерживающему решету выносятся на лоток 10 для отходов.

Фракция (семена с крылатками, семена обескрыленные и оголенные, бутоны, мелкие примеси), пришедшие с отверстий решета **а**, попадают на решето **б**, где сходом выделяются семена с крылатками, поступающие в лоток 5. Проходом по решету выделяются семена обескрыленные, мелкие примеси и бутоны, поступающие на решето **в**. Сходом с решета **в** выделяются семена обескрыленные, собираемые в лоток 6. Проходом по решету **в** выделяются мелкие примеси и бутоны, собираемые в лоток для отходов 7.

Таблица 4.1.

Фракционный состав исходного материала, в %

| Наименование | После ручной уборки | После комбайновой уборки |
|--------------|---------------------|--------------------------|
| | | |

| | | |
|-------------------|------|------|
| Семена: | | |
| с крылатками | 12,0 | 21,2 |
| без крылатки | 7,0 | 16,0 |
| оголенные | 2,2 | 5,6 |
| Ветки | 5,5 | 4,2 |
| Побеги | 4,9 | 4,0 |
| Элементы растений | 9,5 | 16,8 |
| Бутоны | 8,4 | 4,5 |
| Мелкие примеси | 50,5 | 27,7 |

На основе изучения физико-механических свойств исходного материала и теоретических исследований приняты следующие размеры отверстий:

- первое решето - **Ø 4,0 мм;**
- второе решето - **Ø 2,5 мм;**
- третье решето - **Ø 1,5 мм.**

Размеры решет решетного стана были выбраны по ГОСТ 214-85 (990 x 790 мм) /35/.

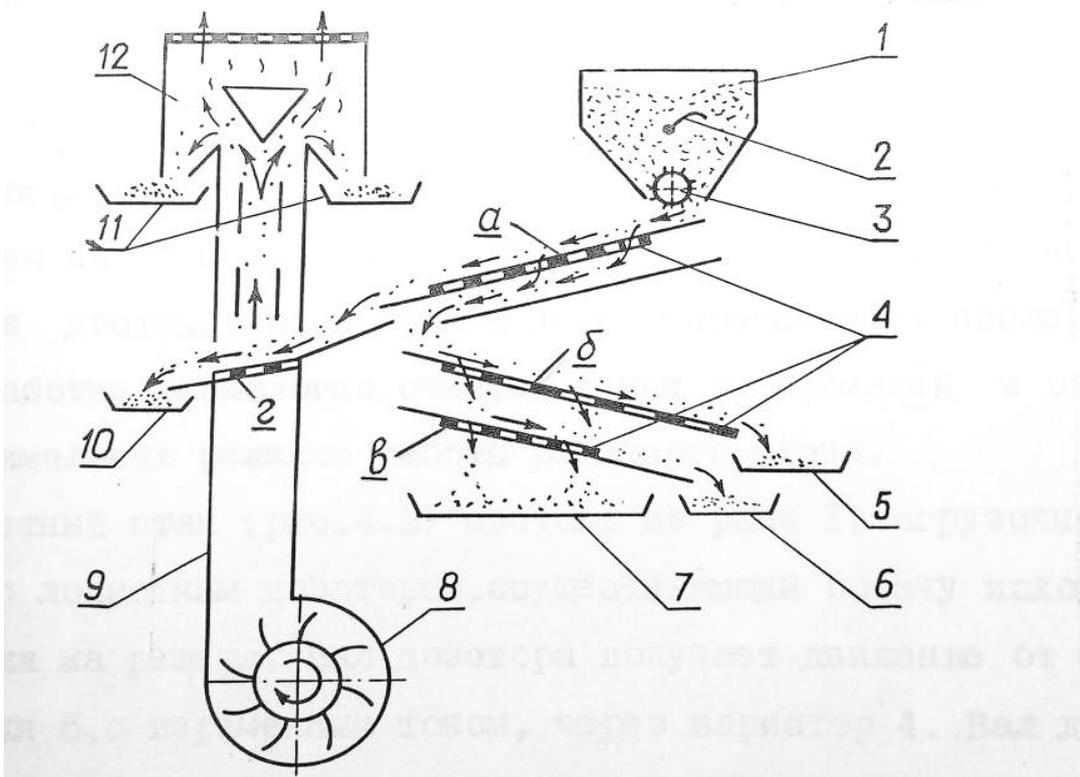


Рис.4.3.Схема технологического процесса очистки семян изеня

4.2.5.2. Экспериментальный стенд для решетной очистки

Экспериментальные исследования процесса очистки на решетках проведены на базе машины МОС-0,2. Целью эксперимента являлась проверка достоверности проведенных теоретических исследований по разработке технологии очистки семян от примесей и определению оптимальных режимов работы решетного стана.

Решетный стан (рис.4.3) состоит из рамы 1, загрузочного бункера 2 с лопастным дозатором, осуществляющим подачу исходного материала на решета. Вал дозатора получает движение от электродвигателя 5, с переменным током, через вариатор 4. Вал дозатора и вал вариатора соединены цепной передачей 3. Изменения частоты вращения вала дозатора осуществляются с помощью рычага 6 по градуированному сектору 7, закрепленному на вале вариатора. Равномерность подачи вороха осуществляется ворошителем, установленным внутри бункера. Решетный стан состоит из станины 9, на коленчатых осях закреплены решета 10.

От электродвигателя 11 постоянного тока через клиноременную передачу передается движение на шкив 12 вала 13 качения решет. Частота колебаний решетного стана изменяется плавно, регулированием напряжения тока с помощью регулятора 14 типа РНО-5-250.

Угол наклона решет изменяется перестановкой болтов крепления решет по продольному пазу в кронштейне 8.

Частота колебаний решетного стана изменяется в пределах от 5 до 10 с⁻¹. Подача исходного материала от 50 до 250 кг/час, амплитуда колебаний решет $A = 5; 7,5; 10$ мм, угол наклона решет $\alpha = 5^{\circ}; 8^{\circ}; 11^{\circ}$.

4.2.5.3. Методика проведения эксперимента

Эксперименты проводились на описанной выше установке (рис.4.3). Чистота семян определяется в зависимости от частоты колебаний (ω), ампли-

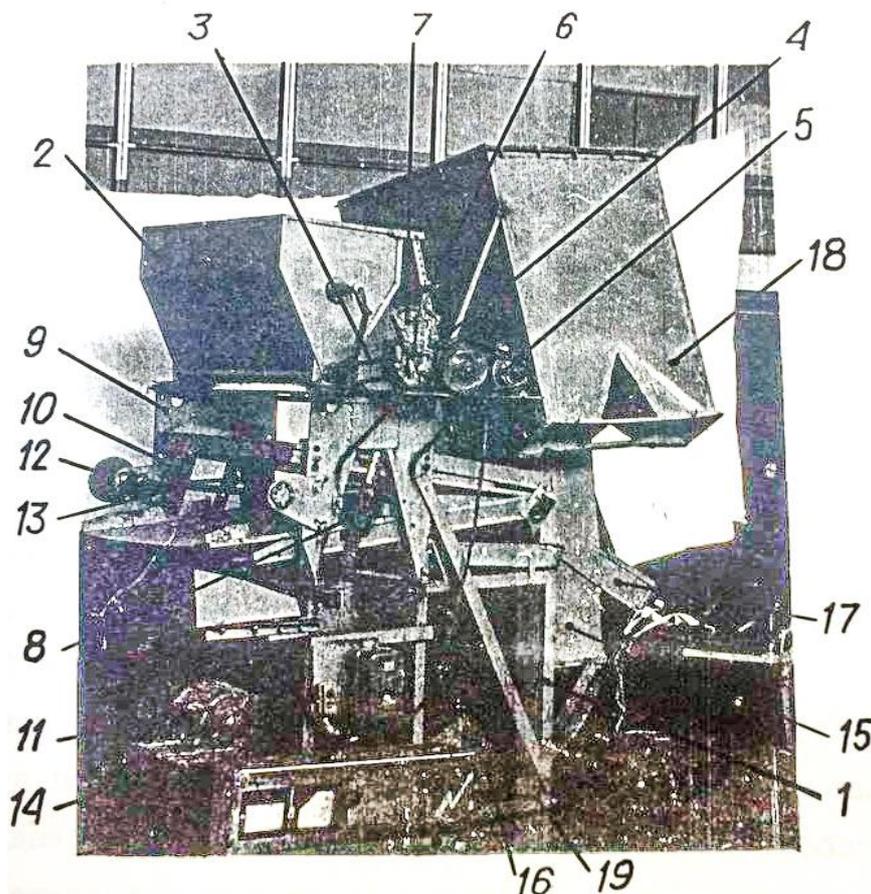


Рис.4.3. Экспериментальная установка на базе машины МОС-0,2

туды колебаний решет (A), подачи исходного материала (q) и углов наклона верхнего (α_1) и нижнего (α_2) решет.

Частота колебаний решет устанавливалась изменением частоты вращения вала приводного электродвигателя постоянного тока. Замер частоты вращения вала с эксцентритетом произведен с помощью тахометра. Амплитуда колебаний решет регулировались заменой эксцентрового вала с эксцентритетами $A = 5; 7,5; 10$ мм.

Семенной ворох засыпался в бункер и с помощью дозатора подавался на решета в пределах $q = 50-250$ кг/час. При этом равномерность подачи обеспечивается ворошителем, установленным в бункере.

Угол наклона верхнего и нижних решет регулировался путем перестановки болтов крепления решет по вертикали.

Все вышеуказанные параметры установлены на необходимый режим работы. Включением электрической системы начинается подача семенного вороха дозатором на решета, в это время секундомером фиксируется время попадания первых частиц на решета. После схода последних порций вороха с решета время фиксируется секундомером. Это является окончанием эксперимента.

Для дальнейшего повторения опыта сошедшие семена и ворох тщательно перемешивают, если после опыта вес семенного вороха не совпадает с первоначальным весом, то к нему добавляют недостающее количество семенного вороха, одинакового по составу.

После проведения каждого эксперимента отбирались следующие пробы (рис.4.4):

- 1-я сходом с верхнего решета **а** в лоток 1;
- 2-я проходом через решето **а** и сходом с решета **б** (лоток 2);
- 3-я проходом через решето **б** и сходом с решета **в** (лоток 3);
- 4-я проходом через решето **в** (лоток 3).

Фракционный анализ осуществляется по ГОСТ 12036-85.

Эксперименты проведены при влажности семенного вороха, не превышающей 12-15%.

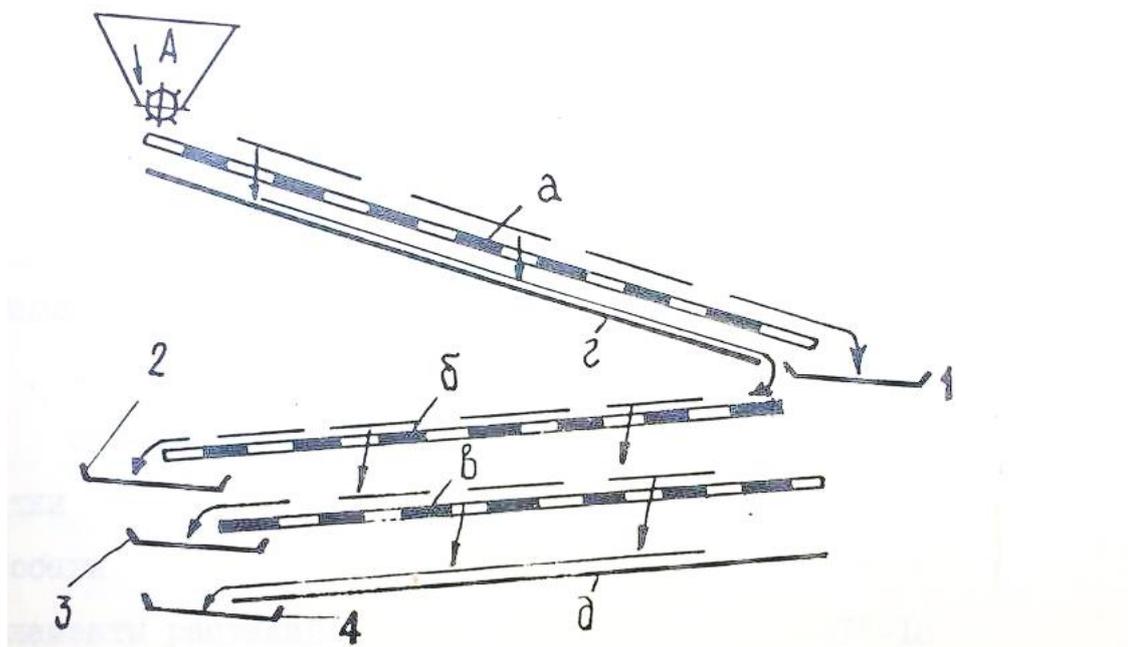


Рис.4.4. Схема взятия проб после очистки вороха семян изеня на решетном стане. **а** – решето с отверстиями $\text{Ø } 4,0$ мм; **б** - решето с отверстиями $\text{Ø } 2,5$ мм; **в** - решето с отверстиями $\text{Ø } 1,5$ мм; **г** и **д** - листы. Лоток 1 – место взятия пробы на определение чистоты очистки (фракции: семена с крылатками, ветки, побеги, элементы растений); 2 – фракция семена с крылатками; 3 – фракция семена обескрыленные; 4 – мелкие отходы.

4.2.6. Методика исследований процесса очистки вороха в пневмосепарирующем устройстве.

4.2.6.1. Исходный материал для очистки в пневмосепарирующем канале.

Сход с решета **а** является исходным материалом для очистки в пневмосепарирующем канале. Фракционный анализ исходного материала по ГОСТ 12036-85 показывает, что он состоит в основном из веток, семян с крылатками, побегов, элементов растений и составляет 30% от общей массы исходного материала (таблица 4.2).

Фракционный состав вороха семян, сошедшего с решета **a**, в %

| №№ пп | Наименование | Изень |
|----------|-------------------------|-------|
| 1. | Семена: с крылатками | 3—35 |
| | без крылатки | 1-2 |
| 2. | Ветки | 20-25 |
| 3. | Побеги | 15-20 |
| 4. | Элементы растений | 15-18 |
| 5. | Мелкие примеси | |

4.2.6.2. Экспериментальный стенд для очистки семенного вороха воздушным потоком

Для экспериментального исследования очистки вороха семян воздушным потоком нами разработана и изготовлена экспериментальная установка на базе машины МОС-0,2 (рис.4.3). Она состоит из пневмосепарирующего канала 15 размером сечения 500 x 300 мм, установленном на нагнетательной ветки вентилятора 16. Поддерживающая решетка 17 установлена под углом 38° на высоте 530 мм от конца нагнетательного конца вентилятора. К пневмосепарирующему каналу прикреплены загрузочный лоток и лоток для выхода отходов.

В конце пневмосепарирующего канала вмонтирована осадочная камера 18. Привод вентилятора осуществляется от электродвигателя 11 постоянного тока, что обеспечивает бесступенчатое регулирование частоты вращения вала крыльчатки вентилятора. Со стороны всасывающей ветви вентилятора установлены регулировочные шиберы 19 для дополнительного регулирования скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале.

Ранее описанным дозатором 2 осуществляется подача исходного материала на загрузочный лоток.

Технологическая схема работы заключается в следующем. Исходный материал (семена с крылатками, ветки, побеги, элементы растений, мелкие примеси), поступающий на поддерживающую решетку Γ пневмосепарационного канала 6 под воздействием воздушного потока, подаваемого вентилятором 16, разделяется на две части, т.е. легкие частицы (семена с крылатками и мелкие примеси) выдуваются в осадочную камеру, далее легкие примеси уносятся за пределы установки, а семена в связи с уменьшением скорости воздушного потока и под действием силы тяжести падают вниз в лоток 10 для семян.

4.2.6.3. Определение скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале

Для определения скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале использованы приборы – микроманометры ММН и трубка Пито-Прантдля.

Площадь сечения пневмосепарирующего канала разбивалась на 15 разновеликих площадок, площадь и размеры которых приведены на рис.4.5.

В центре каждой площадки через сверление в станках канала с помощью координатора выводилась трубка Пито-Прантдля. Показаниями значения динамического давления, замеренного микроманометром ММН, в характерных точках пересчитывается и определяется скорость воздушного потока. Замеры скорости воздушного потока на каждом участке проводили в трехкратной повторности /31/.

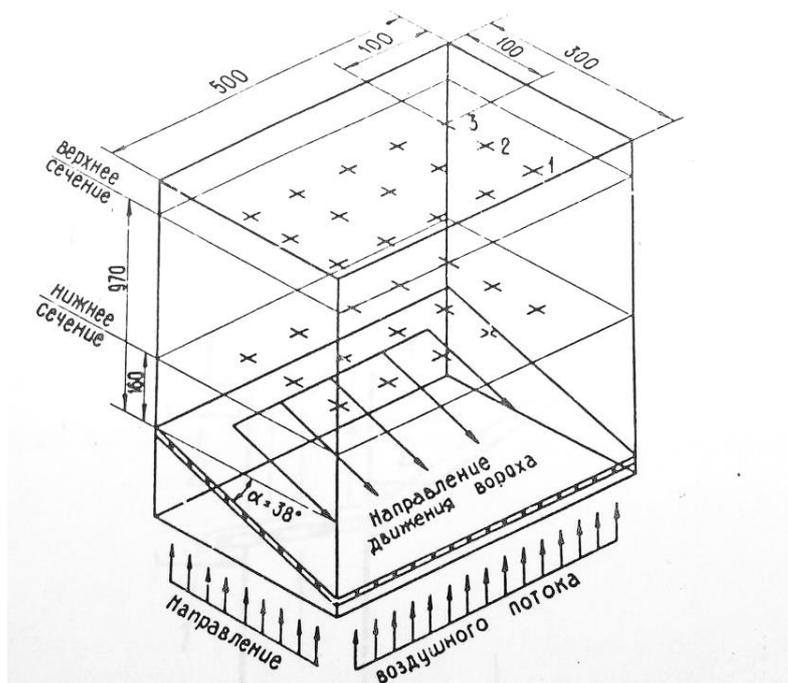


Рис.4.5.Схема замеров скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале

4.2.6.4. Условия проведения опыта

Эксперименты проводились на вышеописанной установке (рис.4.3). Для определения чистоты очистки семян в пневмосепарирующем канале перед началом экспериментов установили режим работы установки. Определили скорость воздушного потока в верхнем и нижнем сечениях пневмосепарирующего канала.

Исходный материал (фракционный состав указан в табл.4.2) подается на поддерживающее решето с помощью дозатора в пределах от 50 до 250 кг/час.

После сепарации семенного вороха из лотка 1 у поддерживающей решетки (рис.4.6) и из лотков 2 осадочной камеры отбирались навески для определения фракционного состава, т.е. степень очистки семенного вороха, полноты выделения и потери семян. Чистота процесса разделения смеси определялась по известным методикам [28, 31, 97]. Потери семян находили отношением массы пробы, взятой из разгрузочного окна 1, к общей массе данной пробы.

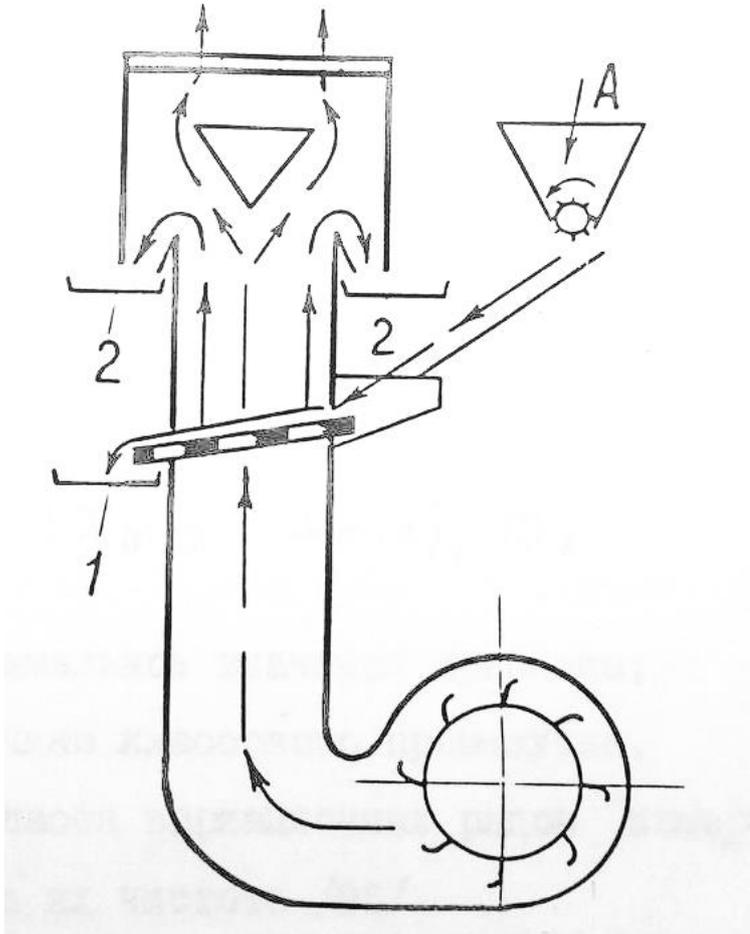


Рис.4.6. Схема взятия пробы на определение чистоты очистки вороха в пневмосепарирующем канале. 1—лоток для примесей; 2— лоток для очищенных семян.

4.2.7. Приборы и оборудование, применяемые при изучении технологического процесса сепарации семенного вороха на экспериментальной установке

При проведении опытов на экспериментальной установке применены следующие приборы и оборудование: весы рычажные, весы торговые ВНЦ-10, весы электрические ВЛКТ-500 г-М, увеличитель, микроманометр ММН, трубки Пито-Прандтля, секундомер СДС пр.1 ГОСТ 5072-72 Ц кл. точности, решетный классификатор РКФ-1, набор ручных сетчатых классификаторов, парусный классификатор ППК-ВИМ, тахометр, регулятор напряжения РНО-5-250, фотоаппарат «Зенит-ЕТ», компьютеры «Роботрон-1715» и IBM PC AT/XT.

4.2.8. Обработка результатов экспериментов, обоснование количества опытов

Чтобы получить достоверные данные по результатам экспериментального исследования и возможности их обобщения и анализа была проведена обработка опытных данных методами математической статистики /93, 94, 95, 96, 97/.

Количество классов и вариационных рядков определяли по формуле:

$$K = (x_{\max} - x_{\min}) / m, \quad (4.8)$$

где: x_{\max} - максимальное значение признака;

m - величина классового промежутка.

Для каждого класса вариационных рядов измеренных признаков была определена их чистота /95/.

Определено математическое ожидание случайной величины по формуле /95/:

$$M \varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x^k, \quad (4.9)$$

где: x_k – значение вариант;

n – число вариант, шт. .

Среднеквадратическое отклонение определялось по формуле /97/:

$$S = \sqrt{\sum (x_i - x)^2 / (n - 1)}, \quad (4.10)$$

Для определения выравненности семян по исследуемым признакам определяли коэффициент размаха R и коэффициент V по формулам соответственно:

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \quad (4.11)$$

$$V = (S/x) 100 \%, \quad (4.12)$$

В качестве оценки стандартного отклонения выборочного среднего используется величина /96/.

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (4.13)$$

называемая стандартной ошибкой среднего арифметического.

Взаимосвязь между двумя признаками определяли коэффициентом корреляции r /96/:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (4.14)$$

где: \bar{x}, \bar{y} – выборочные средние арифметические;

n – объем выборки .

Принимаем надежность опытов $\alpha = 0,95$ и ошибку $\varepsilon = - S$,

где: S – среднеквадратическое отклонение результатов опытов.

По таблице в пересечении столбца $\alpha = 0,95$ строки $\varepsilon = \pm 3 \delta$ определяем число измерений.

Доверительный интервал средней выборочной находим по формуле:

$$\varepsilon = t_{\alpha} S / \sqrt{n}, \quad (4.15)$$

4.2.9. Оптимизация основных параметров очистительной установки методом планирования эксперимента

Для оптимизации основных параметров и режимов установки по очистке семян изеня использован математический метод планирования эксперимента.

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью /99/. При этом сокращается число опытов по сравнению с однофакторным методом. Появляется возможность обобщить материалы исследований в виде математической модели и дать им статистическую оценку. Оптимизируются параметры и режимы работы.

На основании анализа и обобщения ранее проведенных исследований /28, 31/ и с помощью постановки однофакторных экспериментов выявили наиболее значимые факторы. При этом малозначительные факторы были отсеяны и для изучения были приняты следующие факторы:

X_1 - частота колебания решет (частота вращения эксцентричного вала), с⁻¹;

X_2 – амплитуда колебания решет, мм;

X_3 – подача исходного материала, кг/ч;

X_4 – угол наклона верхнего решета, гр;

X_5 – угол наклона нижнего решета, гр.

Получение зависимости носят нелинейный характер, поэтому было принято решение строить план 2-го порядка с целью изучения математических моделей с последующей оптимизацией рабочего процесса /99, 100/.

При этом в качестве оценочных показателей – параметров оптимизация приняты

y_1 - чистота первой фракции, в %;

y_2 – чистота второй фракции, в %;

y_3 – потери семян, в %.

Тогда общий вид математической модели при размерных значениях факторов представляется в виде:

$$y_g = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^n b_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (4.16)$$

в кодированных значениях

$$y_g = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (4.17)$$

где: $g = 1 \dots 3$.

y_g – предсказание значения функции отклика;

b_0 – оценка свободного члена среднего уровня;

b_i – оценка коэффициентов математической модели при линейных членах;

b_{ij} – оценка коэффициентов математической модели при парных взаимодействиях факторов;

b_{ii} – оценка коэффициентов математической модели при квадратичных членах;

Таким образом, целью эксперимента является определение численных значений коэффициентов для каждой математической модели (параметра оптимизации). В общем случае это число определяется по формуле:

$$N = \frac{(n+1)(n+2)}{2} \quad (4.18)$$

Для нашего случая, число факторов $n = 5$: $N = 21$.

$$y_g = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{14} x_1 x_4 + b_5 x_1 x_5 + b_{23} x_2 x_3 + b_{24} x_2 x_4 + b_{25} x_2 x_5 + b_{34} x_3 x_4 + b_{35} x_3 x_5 + b_{45} x_4 x_5 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 + b_{44} x_4^2 + b_{55} x_5^2. \quad (4.19)$$

Следовательно, для определения $N = 21$ оценка коэффициентов математической модели необходимо выбрать такой план второго порядка, который содержит не менее $N = 21$ точек спектра.

При трехуровнем варьировании факторов и при наиболее подходящим планом второго порядка является план с полурепликой (β -5), у которого $N = 26$.

Данный план выгодно отличается от планов ОЦКИ, РЦКИ «Хартли» меньшим числом опытов и большой точностью определения оценок коэффициентов математической модели /101/. Выбранный план эксперимента b_5 состоит из 26 вариантов. В каждом из которых требуется провести $m = 2 \dots 5$ /101/ параллельных опытов. Если примем $m = 3$, то тогда число всех опытов составит:

$$M = N m = 26 \cdot 3 = 78.$$

Чтобы учитывать неоднородность влияния неконтролируемых и управляемых факторов на отклик рандомизируем порядок проведения опытов, т.е. располагаем их один за другим в процессе исследования в случайном порядке. Это обеспечивает равномерное внесение элемента случайности влияния неуправляемых и неконтролируемых факторов на отклик, позволяет обоснованно использовать аппарат математической статистики при обработке результатов эксперимента.

Для того, чтобы исключить накопление систематических ошибок, необходима последовательность проведения каждого варианта опытов построить случайным образом, используя для этого таблицы случайных чисел. Матрица планирования и последовательность проведения опытов приведены в приложениях (11, 12).

Г Л А В А 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1. Результаты проведения экстремального планированного эксперимента по опти- мизации параметров и режима работы

Цель эксперимента. Определение оптимальных параметров и режима работы лабораторно-полевой установки при очистке семян изеня путем математического метода планирования эксперимента.

Выбор параметров оптимизации. Параметр оптимизации – это признак, по которому возможно оптимизировать процесс. Этот признак должен иметь качественную оценку выражаясь одним числом. при этом мы должны уметь его измерять при любой возможной комбинации выбранных уровней факторов.

Оценка эффективности функционирования системы должна охватывать систему в целом.

Для наилучшего достижения цели исследования необходимо, чтобы параметр оптимизации действительно оценивал эффективность функционирования системы в заранее выбранном смысле. В наших исследованиях за параметрами оптимизации принята чистота семян первой фракции. В качестве функциональных ограничений приняты: чистота семян второй фракции (45...50%) и потери семян (до 3%).

Формулировка задачи оптимизации. Достижение максимальной чистоты семян, которая удовлетворяет техническим условиям: $y_1 \rightarrow \max$ (параметр оптимизации) при заданных функциональных ограничениях y_2 и y_3 .

Факторы, определяющие процесс. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований на стенде были выбраны следующие факторы, влияющие на качество очистки семян изеня:

X_1 - частота колебания решет (частота вращения эксцентричного вала), с⁻¹;

X_2 – амплитуда колебания решет, мм;

X_3 – подача исходного материала, кг/ч;

X_4 – угол наклона верхнего решета, гр;

X_5 – угол наклона нижнего решета, гр.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований полученных данных определили следующие уровни и интервал варьирования факторов (табл.5.1)

Таблица 5.1

Уровни факторов и интервалы варьирования

| Уровни и значение | Единица измерения | -1 | 0 | +1 | Интервал варьирования |
|-------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----------------------|
| X_1 | c^{-1} | 5 | 7,5 | 10 | 2,5 |
| X_2 | мм | 5 | 7,5 | 10 | 2,5 |
| X_3 | кг/ч | 100 | 175 | 250 | 75 |
| X_4 | гр. | 5 | 8 | 11 | 3 |
| X_5 | гр. | 5 | 8 | 11 | 3 |

В приложении 10 приведены результаты опытов (y_i - результаты параллельных опытов, \bar{y} - их среднее значение).

5.2. Получение математических моделей послеуборочной очистки семян изеня

Результаты эксперимента обрабатывались по программе, разработанной в НПО «Средазсельхозмеханизация» на ПЭВМ «Роботрон-1715» (приложение 13-17). Полученные модели оказались адекватными, так как табличное значение критерия Кохрена больше расчетного ($G_{\text{табл}} > G_{\text{расч}}$) и расчетное значение критерия Фишера меньше табличного ($F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$).

В результате получены следующие адекватные математические модели:
по первой фракции

$$y_1 = 67,430 + 1,811x_2 - 0,870x_3 + 1,476x_5 - 2,240x_1^2 - 1,225x_1x_2 + 0,619x_1x_3 - 5,157x_2^2 + 1,006x_2x_3 - 0,848x_2x_5 + 1,552x_3^2 - 0,892x_3x_4 + 0,850x_4x_5 - 4,240x_5^2 \quad (5.1)$$

Незначимыми в этой модели оказываются коэффициенты b_1 , b_4 , b_{14} , b_{15} , b_{35} , b_{44} . Вычисленное значение критерия Фишера $F_p = 1,7778$ со степенями свободы $K_1 = 2$ и $K_2 = 26$, а табличное $F_{T(0,05)} = 1,975$

$$F_{\text{табл}} = 1,975 > F_{\text{расч}} = 1,7778 \quad (5.2)$$

Табличное значение критерия Кохрена $G_T = 0,223$, расчетное $G_p = 0,1311$

$$G_T = 0,223 > G_p = 0,1311 \quad (5.3)$$

во второй фракции

$$y_2 = 38,0368 - 6,093x_1 - 1,961x_2 + 0,950x_4 - 3,024x_5 + 4,235x_1^2 - 1,813x_1x_3 - 3,479x_1x_4 + 0,667x_1x_5 - 0,688x_2x_4 + 1,916x_2x_5 - 2,594x_3x_4 + 2,427x_3x_5 - 3,715x_4^2 + 1,073x_4x_5 - 6,049x_5^2 \quad (5.4)$$

$$(G_T = 0,223 > G_p = 0,1521) \quad y_2 = 45 \dots 50 \% \quad (5.5)$$

$$(F_{\text{табл}} = 2,010 > F_{\text{расч}} = 1,070) \quad (5.6)$$

Статистически незначимыми оказались следующие оценки коэффициентов модели: $b_2, b_{12}, b_{22}, b_{23}, b_{33}$.

по потери семян

$$y_3 = 0,3436 - 0,027x_1 + 0,225x_3 + 0,117x_4 - 0,129x_5 + 0,342x_1^2 + 0,093x_1x_2 - 0,107x_1x_5 - 0,116x_2^2 - 0,032x_2x_3 - 0,076x_2x_4 - 0,047x_2x_5 + 0,101x_3x_5 + 0,240x_4^2 - 0,109x_4x_5 + 0,125x_5^2 \quad (5.7)$$

$$(G_T = 0,223 > G_p = 0,167) \quad (5.8)$$

$$(F_{\text{табл}} = 2,010 > F_{\text{расч}} = 0,526) \quad (5.9)$$

Статистически незначимыми оказались следующие оценки коэффициентов модели: $b_2, b_{13}, b_{14}, b_{33}, b_{34}$.

5.3. Распознавание образа функции откликов

Математическая модель чистоты семян первой фракции прямолинейную связь имеет по фактору x_4 и криволинейную связь по факторам x_1, x_2, x_3 и x_5 . Так как $b_{44} = 0, b_{22} < 0, b_{33} > 0, b_{55} < 0, b_{11} < 0$, то данная функция по фактору x_3 имеет вогнутую форму, по факторам x_1, x_2 и x_5 , - выпуклую форму.

Математическая модель эффективности очистки семян второй фракции имеет прямолинейную связь по факторам x_2 и x_3 , криволинейную связь по факторам x_1, x_4 и x_5 . Поскольку $b_{11} > 0$, то по фактору x_1 она имеет вогнутую

форму, а по факторам x_4 и x_5 ($b_{44} < 0$ и $b_{55} > 0$) ее форма представляет выпуклый двумерный параболоид.

Математическая модель потери семян имеет прямолинейную связь по фактору x_3 и криволинейную связь по факторам x_1, x_2, x_4 и x_5 . Поскольку $b_{22} < 0$, то по этому фактору имеет выпуклую форму, а по факторам x_1, x_4 и x_5 ($b_{11} > 0, b_{44} > 0$ и $b_{55} > 0$) она представляет «котлообразную» форму.

Так как математическая модель чистоты семян первой фракции является целевой фракцией, то необходимо найти ее максимум (при определенных факторных ($-1 \leq x_i \leq +1$) и функциональных ограничениях ($y_2 = 45 \div 50 \% y_3 \rightarrow \min$)).

Эту математическую модель рассмотрим более подробно. Дифференцируя ее по каждому фактору отдельно, получим следующую систему

$$\frac{dy_1}{dx_1} = 0 = -4,480 x_1 - 1,225 x_2 + 0,619 x_3.$$

$$\frac{dy_1}{dx_2} = 0 = 1,811 - 1,225 x_1 - 10,313 x_2 + 1,119 x_3 - 1,006 x_4 - 0,848 x_5.$$

$$\frac{dy_1}{dx_3} = 0 = 0,869 + 0,619 x_1 + 1,119 x_2 + 3,103 x_3 - 0,892 x_4 \quad (5.10)$$

$$\frac{dy_1}{dx_4} = 0 = -1,006 x_2 - 0,892 x_3 + 0,850 x_5.$$

$$\frac{dy_1}{dx_5} = 0 = 1,476 - 0,848 x_2 + 0,850 x_4 - 8,480 x_5.$$

Решением системы уравнений на ЭВМ (приложение 16) определяем следующие значения этих факторов:

$$x_1 = -0,1876; \quad x_2 = 0,3986; \quad x_3 = -0,5689;$$

$$x_4 = -2,5850; \quad x_5 = -0,1249; \quad (5.10)$$

Из полученных данных следует, что $x_4 = -2,585$. Это означает, что экстремум функции отклика расположен за областью определения фактора $x_4 = \pm 1$. Поэтому в дальнейшем с учетом ($-1 \leq x_i \leq +1$) будем искать уже условный экстремум.

5.4. Анализ целевой функции методом двумерных сечений

После канонического преобразования и определения вида поверхности отклика начинается ее анализ, который удобно проводить с помощью двумерных сечений.

Придавая различные значения критерию оптимизации в каноническом уравнении модели второго порядка, строится серия кривых равного выхода (изолиний) в области допустимых значений варьирования независимых переменных. По кривым сечений можно анализировать изменения величины критерия оптимизации в зависимости от натуральных значений рассматриваемых факторов. Рассмотрение всех возможных двумерных значений дает наглядное представление о значениях критерия оптимизации, которые он будет принимать при варьировании уровней каждой пары факторов.

В нашем случае изучаем методы двумерных сечений поверхности отклика y_1 .

Из множества возможных двумерных сечений представляется целесообразным в первую очередь исследовать те сечения, которые имеют наибольшее практическое значение.

Двумерные сечения поверхности отклика, характеризующие чистоту семян в зависимости от частоты вращения эксцентричного вала (x_1) и амплитуды колебания решет (x_2), проводим при различных уровнях остальных факторов.

Тогда рассматриваемая модель приводится к следующим видам:

1. При $x_3 = -1$, $x_4 = +1$, $x_5 = 0$

$$y_1 = 70,74 - 0,62x_1 - 0,31x_2 - 1,23x_1x_2 - 2,24x_1^2 - 5,16x_2^2 \quad (5.12)$$

2. При $x_3 = -1$, $x_4 = +1$, $x_5 = -0,5$

$$y_1 = 68,515 - 0,62x_1 + 0,115x_2 - 1,23x_1x_2 - 2,24x_1^2 - 5,16x_2^2 \quad (5.13)$$

3. При $x_3 = -1$, $x_4 = +1$, $x_5 = +0,5$

$$y_1 = 72,965 - 0,62x_1 - 0,735x_2 - 1,23x_1x_2 - 2,24x_1^2 - 5,16x_2^2 \quad (5.14)$$

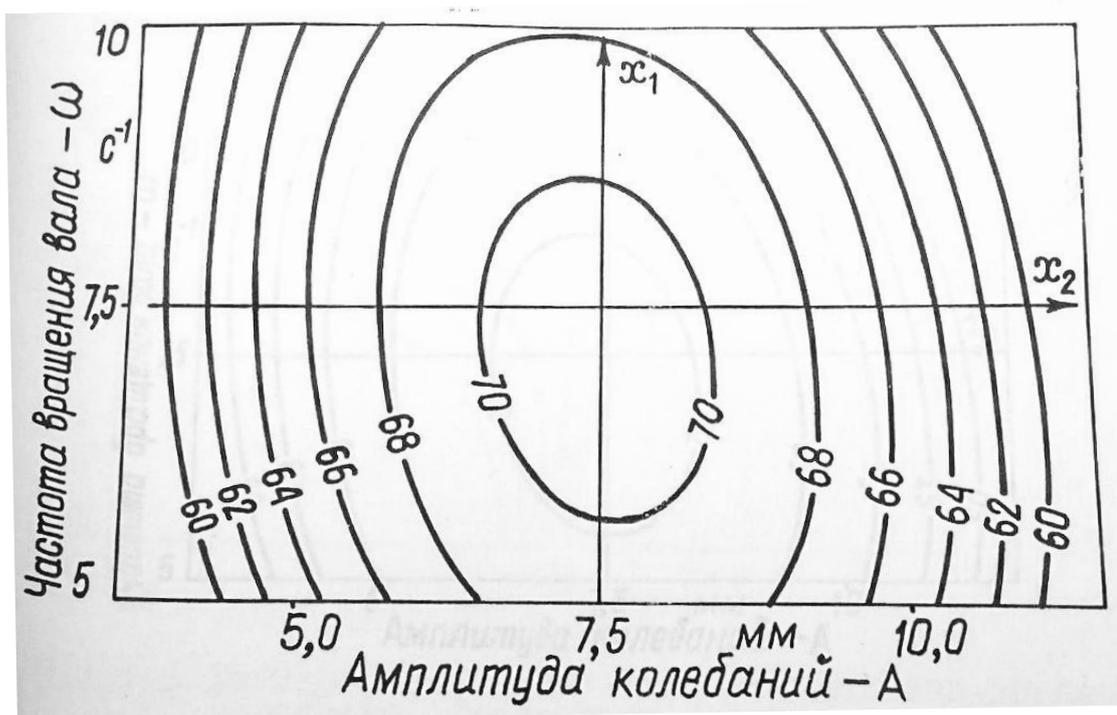


Рис.5.1. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее показатель чистоты семян при $x_3 = -1$, $x_4 = +1$, $x_5 = 0$

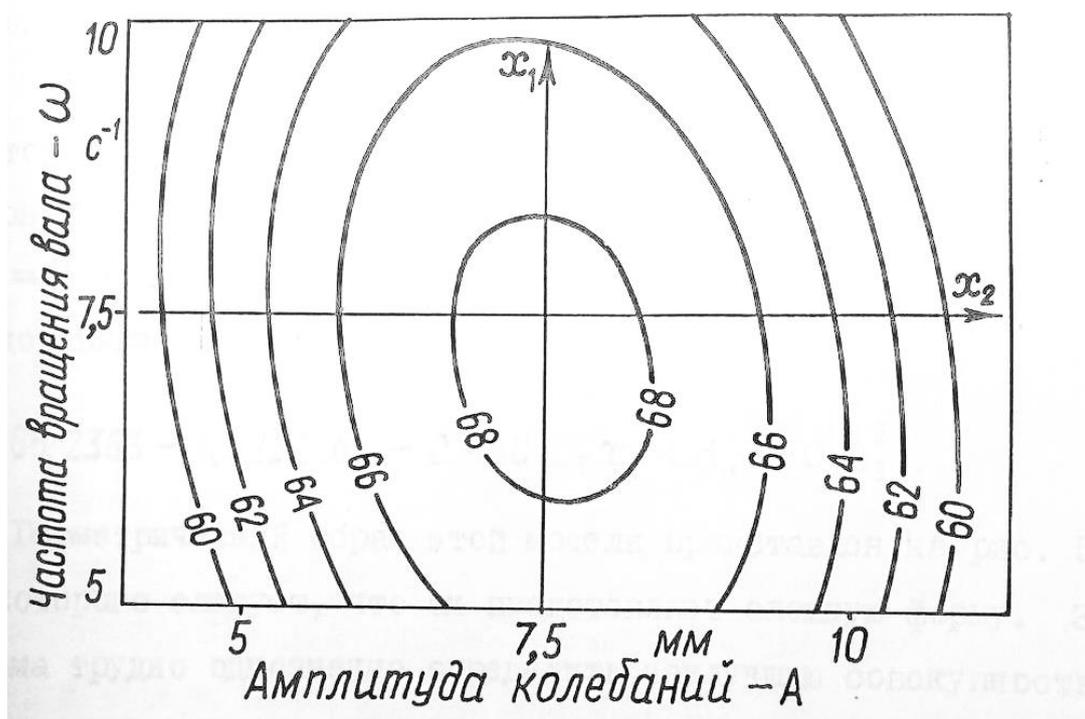


Рис.5.1. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее показатель чистоты семян при $x_3 = -1$, $x_4 = +1$, $x_5 = -0,5$

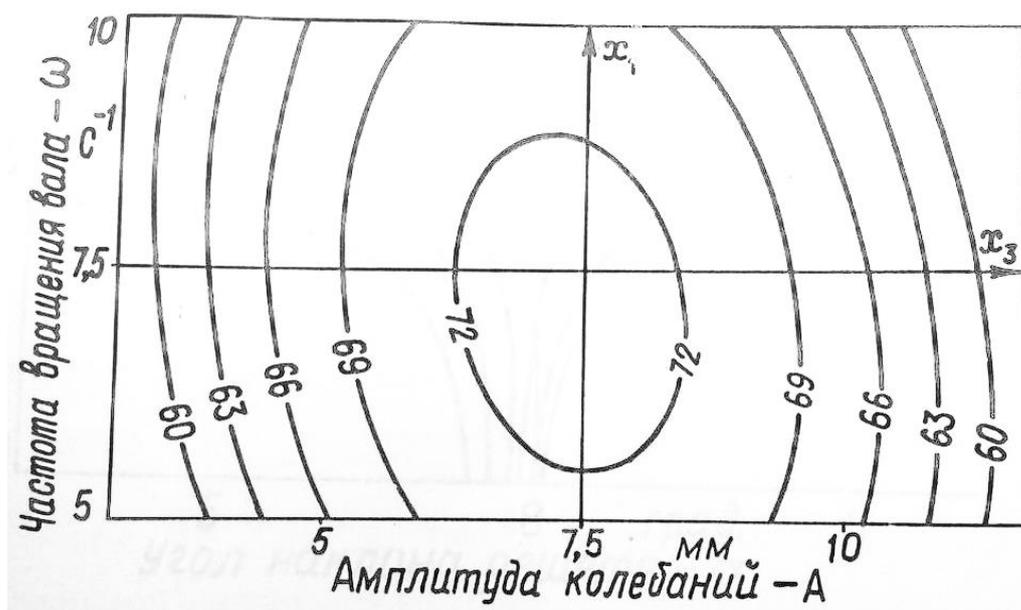


Рис.5.1. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее показатель чистоты семян при $x_3 = -1$, $x_4 = +1$, $x_5 = +0,5$

Результаты двумерных сечений, полученные на основании этих уравнений, представлены на рисунках 5.1, 5.2, 5.3. Отсюда следует, что данная математическая модель по этим сечениям представляет конический эллипсоид. При этом по мере уменьшения уровней факторов x_1 и x_2 для всех значений остальных чистота семян повышается более 72 %.

Отсюда следует, что наилучшие значения этих факторов расположены близко к центру эксперимента, т.е. $x_1 \approx 0$ и $x_2 \approx 0$.

Двумерные сечения поверхности отклика были проведены и по факторам x_3 и x_4 при различных значениях остальных факторов. Но наиболее лучшие эффекты получены при $x_1 = -0,73$; $x_2 = 0$; $x_5 = 0$, при которых исходная математическая модель представляется виде

$$y_1 = 66,2363 - 1,3226x_3 - 0,890 x_3x_4 - 1,23x_1x_2 + 1,550x_3^2 \quad (5.15)$$

Геометрический образ этой модели представлен на рис.5.4, из которого следует, что он представляет сложную форму. Здесь весьма трудно однозначно определить наилучшую совокупность факторов, поскольку хороший эффект

имеет место при $x_3 = + 0,3...0,6$ и $x_4 = - 0,3...0,6$ и при $x_3 = - 0,3...0,6$ и $x_4 = \pm 0,3...0,6$.

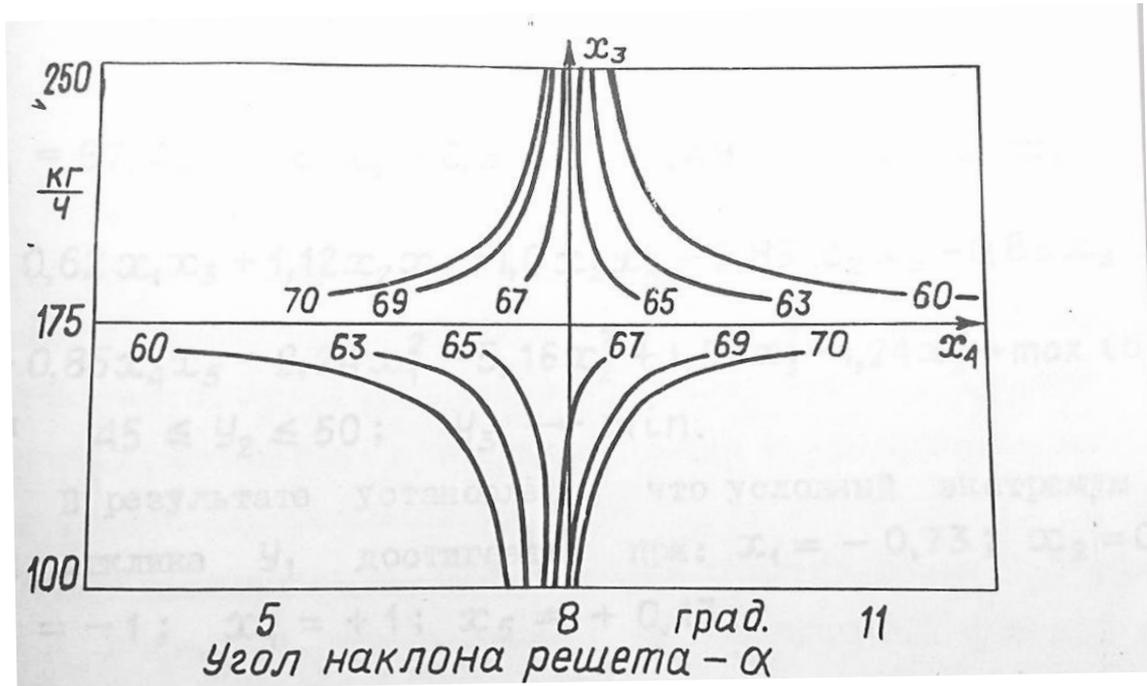


Рис.5.1. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее показатель чистоты семян при $x_1 = - 0,73$; $x_2 = 0$; $x_5 = 0$.

Поэтому наилучшую совокупность всех факторов будем искать с помощью ЭВМ.

5.5. Поиск условного экстремума математической модели на ЭВМ

Поиск условного экстремума математической модели при факторных ($x_i = \pm 1$) и функциональных ограничениях производился по программе, разработанной в НПО «СредАзсельхозмеханизация» методом штрафных функций (**sumt**) (приложение 17).

Как известно, в нашей задаче целевой функцией является математическая модель чистоты семян первой фракции, поскольку целью исследования является – как можно больше максимизировать этот параметр. При этом другие параметры – чистота семян второй фракции и потери семян должны быть

удовлетворены существующим агротехническим условиям, а именно $y_2 = 45 \div 50$ % и $y_3 \rightarrow \min$.

Задачей оптимизации является уравнение:

$$y_1 = 67,43 + 1,81x_2 - 0,87x_3 + 1,48x_5 - 1,23x_1x_2 + 0,62x_1x_3 + 1,12x_2x_3 - 1,0x_2x_4 - 0,85x_2x_5 - 0,89x_3x_4 + 0,85x_4x_5 - 2,24x_1^2 - 5,16x_2^2 + 1,55x_3^2 - 4,24x_5^2 \rightarrow \max \quad (5.16)$$

при $45 \leq y_2 \leq 50$; $y_3 \rightarrow \min$.

В результате установлено, что условный экстремум функций отклика y_1 достигается при $x_1 = -0,73$; $x_2 = 0$; $x_3 = -1$; $x_4 = +1$; $x_5 = +0,13$.

В натуральной форме они равны:

$$\omega = 5,7 \text{ Гц}; \quad A = 7,5 \text{ мм}; \quad q = 100 \text{ кг/час};$$

$$\alpha_1 = 11^\circ; \quad \alpha_2 = 8^\circ.$$

Таким образом, на основании проведенного экстремального эксперимента нами были определены оптимальные параметры очистительной установки на решетках при очистке семян изеня

в кодированных значениях:

$$x_1 = 0,73; \quad x_2 = 0; \quad x_3 = -1; \quad x_4 = +1; \quad x_5 = 0,13.$$

в натуральных значениях:

$$\omega = 5,7 \text{ Гц}; \quad A = 7,5 \text{ мм}; \quad q = 100 \text{ кг/час};$$

$$\alpha_1 = 11^\circ; \quad \alpha_2 = 8^\circ.$$

при которых:

$$y_1 = 72,6\%;$$

$$y_2 = 46,0\%;$$

$$y_3 = 1,6\%.$$

5.6. Экспериментальное исследование очистки семян на пневмосепарирующем канале

Для экспериментального исследования исходным материалом брали семенной ворох, сошедший с решета **а**. Фракционный состав которого представлен в таблице 5.1. Анализ фракционного состава исходного материала показывает, что он содержит несколько компонентов, в основном семена с крылатками, ветки, побеги и элементы растений.

Из теоретического исследования очистки семян (приложение 4) следует, что с решета **а** сходит 30 % фракций от общего веса исходного материала, в котором содержится 10 % семян с крылатками.

Теоретические расчеты показывают, что (приложение 4) для сепарации семян с крылатками потребуется иметь скорость воздушного потока около 5,9 – 6,1 м/с.

Экспериментальная проверка технологии очистки семян в пневмосепарирующем канале в зависимости от подачи и содержания примесей в исходном материале (рис.5.5) показывает, что по мере возрастания подачи исходного материала полнота выделения уменьшается.

Как указано в работе А.Т.Турабаева, уменьшением содержания тяжелых примесей семена поступают в пневмоканал отдельными порциями, а плотные фракции не увлекаются воздушным потоком как свободные семена. Для этого требуется их разрыхлять. В нашем эксперименте содержание тяжелых примесей очень велико – 0,9, поскольку решето **а** выделяет все крупные примеси. Поэтому, как показывают эксперименты, воздушный поток позволяет выделить 70 % семян, т.е. 70 % от 10 % семян, содержащихся в исходном материале, а в потери уходит 3 % семян. И так, получается, что всего решетом и воздушным потоком машины выделяется 97 % семян.

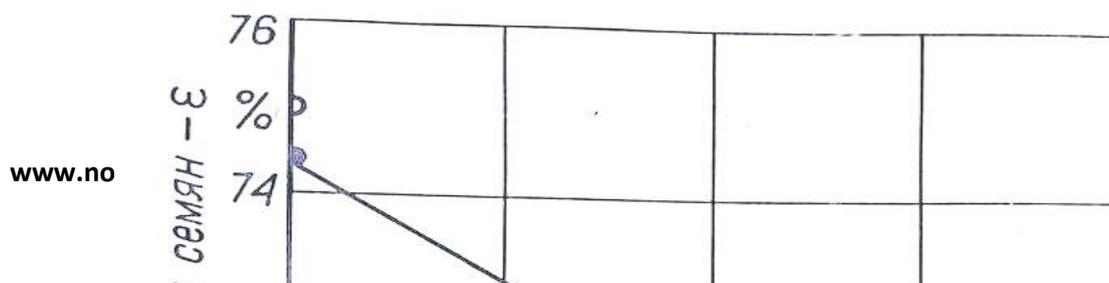


Рис.5.5. Зависимость полноты выделения семян
Воздушным потоком от подачи вороха при \circ – $\Pi=0,8$ и \bullet – $\Pi=0,9$

5.7. Выводы по главе

1. Методом планирования пятифакторного эксперимента получены математические модели, адекватно описывающие процесс сепарации семян от примесей.

2. В результате оптимизации параметров получены рациональные значения частоты колебаний решет – $5,67 \text{ с}^{-1}$; амплитуда колебаний решет 7,5 мм; подача исходного материала 100 кг/ч; углы наклона верхнего и нижнего решет, соответственно 11° и 8° .

3. В результате очистки семян на пневмосепараторе выделяется 70 % семян, сошедших с решета **а**, что составляет 10 % семян от общего состава исходного материала.

Всего решетом и пневмосепаратором выделяется 97 %, семян при потере семян 3 %.

4. Сравнительный анализ теоретических исследований и экспериментальных исследований показывает, что теоретические данные подтверждаются экспериментальным путем.

Г Л А В А 6

РЕЗУЛЬТАТЫ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СЕМЯН ИЗЕНЯ

6.1. Хозяйственные испытания семяочистительные машины

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований выявлено, что наиболее приемлемой для очистки семян изеня является машина МОС-0,2, прошедшая Государственные испытания и рекомендованная к серийному выпуску. В целях универсализации машину МОС-0,2, предназначенную для очистки семян саксаула, черкеза, чогона, переоборудовали на основе составленной технологической карты, определяющей необходимые и рабочие органы для сепарации семян. Поскольку исходным материалом является продукт, полученный после механизированной уборки на комбайне СК-5 «Нива» с одновременной предварительной очисткой на аэромеханическом сепараторе, то в нем не содержатся камни, помет животных и другие компоненты, которые могут быть смещаны во время ручной уборки.

Поэтому по нашим исследованиям выявлено, что нет необходимости полотняной горки (транспортера) для очистки семян от вышеуказанных примесей, а вместо этого поставили бункер с дозатором и ворошителем, предотвращающий сводообразование исходного материала.

В результате переоборудования исключено применение мощных электродвигателя, транспортера, затрачивающих много энергии.

Лабораторно-полевая установка изготовлена в ОПЭМ СредАзНИИЛХ.

В результате проведенных лабораторно-полевых опытов, экстремального эксперимента определены параметры и режимы работы переоборудованной машины, частота колебаний решета частоты колебаний решет $\omega = 5,67 \text{ с}^{-1}$, амплитуда колебаний решет $A = 7,5 \text{ мм}$, подача исходного материала $q = 100 \text{ кг/ч}$, углы наклона верхнего и нижнего решет, соответственно - 11° и 8° , скорость воздушного потока $6,0 \text{ м/с}$ (табл.6.1).

Таблица 6.1

Параметры и режимы работы машины

| №№ п/п | Показатели | Единица обозначения | Единица измерения | Переобору- дованная семя- очистительная машина |
|-----------|---------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|
| 1. | Частота колебаний решет | ω | с^{-1} | 5,67 |
| 2. | Амплитуда колебаний решет | A | мм | 7,5 |
| 3. | Подача исходного Материала | q | кг/ч | 100 |
| 4. | Угол наклона верхнего решета | $\alpha_{\text{в}}$ | гр | 11 |
| 5. | Угол наклона нижнего решета | $\alpha_{\text{н}}$ | гр | 8 |
| 6. | Скорость воздушного потока | V | м/с | 6,0 |

С целью хозяйственной проверки работы переоборудованной машины с указанными параметрами были проведены в основном в совхозе «Бирлик» Чимкентской области, поскольку это хозяйство является наиболее развитым по заготовке семян изеня, кроме того в данном хозяйстве проведены ранее проведенные исследования. Имеется переоборудованный комбайн СК-5 «Нива» с аэромеханическим сепаратором, который используется для уборки семян изеня.

В результате применения данной машины всего очищено в 1989 г. 5 тонн семенного вороха. В 1989 г. Эксперименты были проведены с целью определения факторов, влияющих на процесс сепарации семян. При этом чистота семян достигает до 89 %, а потери семян доходили до 10,6 %, что не соответствует агротехническим требованиям.

Пробы, взятые по ГОСТ 12036-85 с очищенных семян, были переданы в государственную Сарыагачскую семенную станцию, где получены справки о кондиционности семян.

После определения оптимальных параметров и режимов работы в 1990 г. Проведены дополнительно эксперименты, при этом очищено 4 тонны семенного вороха изеня.

В результате проверки и испытаний лабораторно-полевой установки получены весомые показатели, которые соответствует требованию по техническому условию ТУ 46-809-72 на посевные семена, что подтверждается удостоверением о кондиционности семян (приложения 20-21), выданным Сарыагачской семенной станцией. При этом первая фракция представляет собой в основном семена с крылатками, а вторая фракция – семена без крылаток. Лабораторная всхожесть первой и второй фракций по техническому условию соответствует I и II классам соответственно, а энергопрорастания – 30 и 28 %. Потери семян не превышает 3 % от общего материала.

В таблице 6.2 показывает, что чистота семян первой фракций составляет 74 %, что соответствует I классу семян, а чистота семян второй фракции – 47,5 % и соответствует II классу семян.

При обработке на машине исходный материал разделяется по рабочим органам следующим образом: около 30 % семенного вороха с содержанием 10 % семян и примесей (в основном крупных) обрабатывается в воздушном сепараторе.

Обработка этой части материала на пневмосепараторе, как показали эксперименты, позволяет выделить 70 % семян, т.е. 70 % от 10 % исходного материала, а в потери уходит 2,6 % семян.

Первая фракция составляет около 31% от общего количества исходного материала. Вторая фракция составляет 22% от общего количества исходного

Таблица 6.2

Показатели работы машины при испытаниях

| №№ пп | Наименование показателей | Изень |
|----------|--------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. | Принцип очистки | Решетно-воздушный |
| 2. | Скорость воздушного потока в сепарационном канале, м/с | 5,9-6,1 |
| 3. | Состояние готовой продукции, в % | |
| | а) аспирационный канал: | |
| | семена с крылатками | 68 |
| | семена обескрыленные | 1,5 |
| | ветки | 14,5 |
| | побеги | 8,75 |
| | элементы растений | 5,5 |
| | мелкие примеси | 1,75 |
| | а) первый лоток: | |
| | семена с крылатками | 60,5 |
| | семена обескрыленные | 13,5 |
| | мелкие отходы | 26 |
| | б) второй лоток: | |
| | семена с крылатками | 15 |

| | | |
|----|-----------------------------|------|
| | семена обескрыленные | 30,5 |
| | семена оголенные | 2 |
| | мелкие примеси | 52,5 |
| 4. | Состояние отходов, в % | |
| | а) лоток для отходов: | |
| | примеси | 98,1 |
| | семена оголенные | 1,9 |
| 5. | Повреждения семян машиной | Нет |
| 6. | Лабораторная всхожесть, в % | |
| | первая фракция | 70 |
| | вторая фракция | 60 |

материала, а отход составляет 17%. При этом 90% семян от общей массы разделяется на решетке.

И так, получается, что всего на решетке и воздушным потоком выделяется 97% семян, а в потери уходит 3% семян.

6.2. Расчет экономической эффективности

очистки семян вороха изеня

Расчет экономической эффективности применения машины проведен по стандартным методикам, в соответствии с ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88 и типовых норм (144, 145).

Исходные данные для расчета приведены в таблице 6.3.

Прямые издержки эксплуатации на единицу выработки вычисляются по формуле:

$$U = Q + A_m + C_3 \quad (6.1)$$

Эксплуатационные затраты при механизированной очистке семян изеня:

- заработная плата

$$Q_3 = \frac{\sum T_c \cdot 1000}{W_{\text{дн}}} = \frac{16,86 \cdot 1000}{1440} = 11,7 \text{ руб} \quad (6.2)$$

- балансовая цена машины

$$B_m = B_0 \cdot 1,1 = 1432,7 \cdot 1,1 = 1576,0 \text{ руб.} \quad (6.3)$$

Амортизационные отчисления на полное восстановление машины:

$$A = \frac{B_m \cdot a}{100 W_r} = \frac{1576 \cdot 12,5}{100 \cdot 45} = 4,4 \text{ руб/т.} \quad (6.4)$$

Таблица 6.3

Исходные данные для расчета экономической эффективности технологического процесса, механизированной очистки семян изеня

| № № ПП | Показатели | Обо зна чен ие | Механизированная очистка | |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| | | | вели чина | источники |
| 1. | Масса, в т | М | 0,65 | /144/ |
| 2. | Количество обслуживающего персонала | Л | 2 | /144/ |
| 3. | Тарифный разряд Рабочего оператора Рабочего | | | III II |
| 4. | Производительность за час сменного времени по исходному материалу, в т | W_ч | 0,175 | /142/ |
| 5. | Коэффициент использования рабочего времени | K_т | 0,82 | /142/ |
| 6. | Оптовая цена машины, руб. | B₀ | 1432, 7 | Данные завода изготовителя ОПЭМ СредАзНИИЛХ |
| 7. | Годовая выработка машины по исходному материалу, в т | W_г | 45 | /142/ |
| 8. | Продолжительность рабочей смены, в час | t_{см} | 8,2 | /105/ |

| | | | | |
|----|-----------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| 9. | Дневная тарифная ставка, в руб. | | 16,86 | /105/ |
| 10 | Норма амортизационных отчислений на полное восстановление машины, в % | A_m | 12,5 | /104/ |
| 11 | Нормативная годовая загрузка машины, час | T_c | 260 | /142/ |
| 12 | Затраты на электроэнергию в пересчете на единицу выработки, в руб. | C_3 | 0,3 | /104/ |

Прямые издержки эксплуатации

$$U = Q + A_m + C_3 = 11,7 + 4,4 + 0,3 = 16,4 \text{ руб/т} \quad (6.5)$$

То же без амортизационных отчислений

$$U' = Q + C_3 = 11,7 + 0,3 = 12,9 \text{ руб/т} \quad (6.6)$$

Для доведения 1 ц семян изеня I и II классов чистоты, собранных переоборудованными комбайнами с предварительной частичной очисткой на аэромеханическом сепараторе, на очистку затрачивается:

$$U_1 = U_0 + U_c = 7,16 + 0,84 + 5,73 \text{ руб/ч} \quad (6.7)$$

Для доведения чистоты 1 ц семян изеня I и II классов чистоты на переоборудованной машине нашей разработки затрачивается 1,64 руб.

Экономический эффект от внедрения переоборудованной семяочистительной машины составляет:

$$\mathcal{E} = U_1 - U_2 = 13,73 - 1,64 = 12,09 \text{ руб/ц} = 120,9 \text{ руб/т} \quad (6.8)$$

В сравнении с очисткой на переоборудованном комбайне СК-5 «Нива» с аэромеханическим сепаратором и на переоборудованной семяочистительной машине – экономический эффект составляет – 120,9 руб/т.

При этом не учтены экономический эффект от высвобождения транспорта и тары, экономический эффект от повышения класса качества готовой продукции и снижения норм высева.

6.3. Выводы по главе

1. Хозяйственными испытаниями машины практически подтверждается достоверность теоретических и лабораторных исследований по разработке технологии очистки семян от примесей.

2. По разработанной технологии очистки семенного вороха изеня повышение чистоты семян достигает до 75 %, что соответствует ТУ 46-809-72.

3. Годовой экономический эффект от применения одной машины составляет – 120,9 руб/т.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ предыдущих исследований по разработке устройства и способов по разделению семян пустынных кормовых растений от примесей показывает, что данная проблема полностью не решена. До настоящего времени еще не разработаны оптимальные технологии позволяющие максимально разделять семена от примесей.

2. В семенном ворохе изеня, убранном комбайном СК – 5 «Нива», содержится 40-5- %и семян с крылатками и семян без крылаток. Остальной материал включает ветки, побеги, элементы растений и мелкие отходы.

3. Анализ вариационных кривых семенного вороха изеня показывает, что ни по одному из применяемых для сепарации признаков (длине, ширине, толщине, скорости витания) в отдельности семена полностью не выделяются от всех видов примеси, так как кривые распределения этих свойств для семян изеня и характерных примесей пересекаются.

4. Разработанный метод исследования технологий очистки семян с применением ЭВМ позволяют на основе физико-механических свойств семян и примесей исследовать всевозможные варианты технологий и определять оптимальные последовательности операций, обеспечивающие очистку семян задаваемого качества в зависимости от характеристики исходного материала.

5. Проведенные по разработанному методу и программе исследования показали, что для очистки семян целесообразно применять машину, содержащую три яруса решет с круглыми отверстиями и пневмосепаратор. Верхнее решето с отверстиями диаметром 4,0-5,0 мм, среднее – 2,5-3,0 мм и нижнее – 1,5 мм. Сход с верхнего решета обрабатывается на пневмосепараторе, при скорости воздушного потока около 6 м/с выделяются семена с крылатками (до 10 % от количества семян в исходном материале). Сход со среднего решета представляет собой семена с крылатками, а сход с нижнего решета – обескрыленные семена. Проход нижнего решета (\varnothing 1,5 мм) и тяжелая фракция от пневмосепаратора являются отходами.

6. Получены математические модели, адекватно описывающие процесс сепарации на решетке и обоснованы параметры и режимы работы семяочистительной машины, частота вращения вала $\omega = 5,7 \text{ с}^{-1}$, амплитуда колебаний решет $A = 7,5 \text{ мм}$, подача исходного материала $q = 100 \text{ кг/ч}$, угол наклона верхнего и нижнего решет – соответственно 11° и 8° .

7. При полевых и хозяйственных испытаниях машины получено: чистота семян первой фракции более 73 %, чистота семян второй фракции 50 %, потери семян до 3 %. Лабораторная всхожесть семян первой фракции 70 %, семян второй фракции 70 %, семян второй фракции – 60 %, что соответствует I и II классам ТУ 46-809-72 на посевные семена пустынных кормовых растений.

8. Экономическая эффективность от внедрения семяочистительной машины при очистке семян изеня составляет 120 руб/т.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Нечаева Н.Т., Пельт Н.Н. Кормовая база овцеводства в пустынной зоне Средней Азии и Казахстана //Сб.Природные условия, животноводство и кормовая база пустынь. – Ашхабад: Изд. АН ТуркмССР, 1963.С.306-319.
2. Гаевская Л.С. Семеноводство пустынных пастбищных растений. – Ташкент: Фан, 1974. – 97 с.
3. Мальков В.Г. Механизация трудоемких работ на пастбищах пустынь. – Ташкент: Узбекистан, 1969. – 135 с.
4. Демин Ю.И., Бабаева О.И. Опыт улучшения полынно-эфемерных пастбищ Таджикистана. – Душанбе: МСХ, 1968. – 24 с.
5. Гаевская Л.С. Главные кормовые растения пастбищ Средней Азии. – Самарканд, 1958. С.3-37.
6. Батыршин А.Г. Механизация работ по улучшению лугов и пастбищ. – Алма-Ата: Кайнар, 1972. – 38 с.
7. Гаевская Л.С., Шамсутдинов В.Ш., Штефан М.К. Растения каракулеводческих пастбищ Средней Азии. – Самарканд, 1958. С.3-40.
8. Гаевская Л.С. Каракулеводческие пастбища Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1971. С.320.
9. Ионесова А.С. Физиология семян дикорастущих растений. – Ташкент: Фан, 1970. С.3-45.

10. Головченко С.Г., Расулов А. Изень и его возделывание в каракулеводческих районах Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1967. С.26-30.
11. Агротехнические указания по улучшению каракулеводческих пастбищ Узбекистана посевом дикорастущих кормовых растений. – Ташкент: Фан, 1961. С.3-17.
12. Гаевская Л.С., Шамсутдинов З.Ш. Шувах – кормовое растение пустынных пастбищ Узбекистана. – Ташкент: Узбекистан, 1964.
13. Гаевская Л.С., Шамсутдинов З.Ш., Соскина М. Улучшение пастбищ и создание сенокосов в пустынной зоне. – Самарканд, 1959. С.20-35.
14. Рекомендации по семеноводству пустынных кормовых растений. – М., 1970. – 26 с.
15. Гаевская Л.С., Сальманов Н.С. Пастбища пустынь и полупустынь Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1975. С.39-65.
16. Шамсутдинов З.Ш., Ибрагимов И.О. Долголетние пастбищные агрофитоценозы в аридной зоне Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1983. С.3-85.
17. Шамсутдинов З.Ш. Создание долголетних пастбищ в аридной зоне Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1975. – 174 с.
18. Фарманов Э.Т. Обоснование параметров очистителя в технологическом процессе уборки семян изеня: Канд.дисс. на соискание учен.степени канд.техн.наук. – Ташкент, 1990. – 134 с.
19. Рекомендации по переоборудованию комбайна СК-5 «Нива» для уборки семян пустынных кормовых растений. – Ташкент: Фан, 1985. – 12 с.
20. Мусаев Т.М. Некоторые физико-механические свойства семян пустынных кормовых растений. //Тр.ин-та ТИИИМСХ/ «Вопросы механизации сельского хозяйства». Вып.49. – Ташкент, 1971. С.82-84.
21. Куйбаков Б.Б., Турабаев А.Т., Урдиев Ш. Некоторые физико-механические свойства семенного вороха изеня. //Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов СНГ: Тез.докл. – Алма-Ата, 1992. С.24-25.

22. Абдуллаев М. Исследование технологического параметров машин для сбора семян кормовых растений полупустынной зоны: Дисс. ...канд.техн.наук. – Ташкент, 1974. – 155 с.

23. Тажидинов К.А. Исследование технологического процесса и обоснование параметров технических средств сушки семян пустынных кормовых растений: Автореф. дис...канд.техн.наук. – Ташкент, 1983. – 19 с.

24. Рекомендации по сушке семян пустынных и полупустынных кормовых растений. – Ташкент, 1981. С.3-24.

25. Аликулов С.А. Исследование технологического процесса и обоснование параметров дражиратора пустынных кормовых растений: Дисс. ...канд.техн.наук. – Ташкент, 1979. – 155 с.

26. Рекомендации по механизации уборки и очистки семян кустарниковых и полукустарниковых кормовых растений. – Алма-Ата: Кайнар, 1981. – 23 с.

27. Рекомендации по очистке семян пустынных кормовых растений. – Ташкент: МСХ УзССР, 1974. – 12 с.

28. Урдиев Ш. Исследование технологического процесса очистки семян пустынных кормовых растений (изень, кейреук): Дис. ...канд.техн.наук. – Ташкент, 1974. – 170 с.

29. Рекомендации по механизированной заготовке семян пустынных кормовых растений. – Ташкент: Госагропром, 1987. – 11 с.

30. Урдиев Ш. Исследование технологического процесса очистки семян пустынных кормовых растений (изень, кейреук): Автореф. дис. ...канд.техн.наук. – Ташкент, 1974. – 17 с.

31. Турабаев А.Т. Исследование технологического процесса и обоснование параметров машины для очистки семян саксаула, черкеза, чогона: Дисс. ...канд.техн.наук. – Ташкент, 1983. – 202 с.

32. Турабаев А.Т. Исследование технологического процесса и обоснование параметров машины для очистки семян саксаула, черкеза, чогона: Автореф. дис. ...канд.техн.наук. – Ташкент, 1983. – 19 с.

33. Куйбаков Б.Б., Турабаев А.Т., Урдиев Ш. Очистка семян пустынных кормовых растений. //Тр.ин-та ТИИИМСХ/ «Совершенствование машин для заготовки и приготовления кормов в условиях Средней Азии. – Ташкент, 1990. С.19-23.
34. Горячкин В.П. Собр.соч. Т.1. -720 с.; Т.П. -459 с.; Т. Ш. – 381 с.
35. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструкции, расчет и проектирование. 2-е изд.,перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1965. С.12-119.
36. Ульрих Н.Н. Научные основы очистки и сортировки семян. – М.-Л.: ВАСХНИЛ, 1937. – 87 с.
37. Ульрих Н.Н. Новое в области очистки и сортировки семян. – М.: Сельхозгиз, 1932. – 69 с.
38. Хармонд Дж., Клейн Л., Бранденбург Р. Очистка и обработка (пер. с англ.). – М.: Сельхозгиз, 1963. С.87-90.
39. Кожуховский И.Е., Павловский. Механизация очистки и сушки зерна. – М.: Колос, 1968. С.17-35.
40. Васильев З.А. Машины для очистки и сортировки семян. – М.: Машгиз, 1954. С.5-57.
41. Указания по очистке и калиброванию семян кукурузы на хлебоприемных пунктах. – М.: Хлебоиздат, 1959. С.3-20.
42. Колышев П.Н. Очистка и сортирование семян многолетних трав. – М.: Сельхозгиз, 1950. С.27-62.
43. Тиц З.Л. Машины для послеуборочной обработки семян (теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов). – М.: Машиностроение, 1967. С.117-130.
44. Ляпин Б.К. Теоретическое и экспериментальное исследование блока решетного стана сепаратора зерноочистительных машин: Дисс. ...канд.техн.наук. – Л., 1971. С.3-27.
45. Феофанов А.С. Исследование процесса сепарации семян овощных культур на плоских решетках с целью интенсификации. – Л., 1963.

46. Тарин А.И. Влияние направленности колебаний плоских решет на просеваемость – В.кн. «Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов //Тр. ВНИИЗ.вып.42. –М., 1963, С.189-203.

47. Непомнящий Е.А. Вибросепарирование зерновых смесей как стохастический процесс //Известия ЛЭТИ. Вып.41. –Л., 1960, С.109-118.

48. Терсков Г.Д. О влиянии скорости движения материала и кинематических факторов на пропускную способность решет с круглыми отверстиями //Тр. Ин-та ЧИМЭСХ/. вып.6. – Челябинск, 1958, С.127-174.

49. Терсков Г.Д. О влиянии основных факторов на пропускную способность решет с круглыми отверстиями //Тр. Ин-та ЧИМЭСХ/. вып.6. – Челябинск, 1958, С.33-94.

50. Василенко П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям. – Киев: СХМ, 1960, С.27-32.

51. Летошиев М.Н. Теория вероятности (в приложении к исследованию процесса плоского сортировального решета). Теория и конструкция и производство сельхозмашин. Т. II. – М.Л., 1935. С.13-18.

52. Зюлин А.Н. Исследование процесса сепарации в условиях равномерного распределения материала по поверхности решета //Тр. ин-та ВИМ/. Т.55. – М., 1971, С.146-153.

53. Цециновский В.М. Элементы теория просеивания. – М.: Заготиздат, вып. 68, 1970, С.18-21.

54. Гортинский В.В. Сортирование сыпучих тел при их послыном движении по ситам //Тр. ин-та ВИМ/. Т.34. – М., 1964, С.121-191.

55. Убаев З. Обоснование технологии, режима очистки и сортировки семян основных районированных в Уз ССР сортов риса: Дисс. ...канд.техн.наук. – Янгиюль, 1986. С.8-58.

56. Тулькибаев М.А. Технологические основы оптимизации процесса работы зерноочистительных машин (общего назначения): Дисс. ...канд.техн.наук.

57. Заика П.М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин. – М.: Машиностроение, 1977, – 278 с.

58. Коренченко В.С., Тулькибаев М.А. Вероятность оценка просеваемости сепарирующей поверхности в условиях неполной загрузки //Тр. Ин-та ЧИМЭСХ/. вып.52. – Челябинск, 1971, С.62.

59. Непомнящий Е.А. Вибросепарирование зерновых смесей как стохастический процесс //Известия ЛЭТИ. Вып.41. –Л., 1960, С.109-118.

60. Непомнящий Е.А. К теории процесса грохочения обогащения руд. №5. –Л., 1960, С.27-32.

61. Зюлин А.Н. Сепарация зерна решетками по интенсивности просеивания //Механизация и электрификация сельского хозяйства/. – 1971. - №10. С.10-12.

62. Зюлин А.Н. К теории процесса сепарации зерна каскадом решет //Тр. ин-та ВИМ/. Т.86. – М., 1980, С.3-20.

63. Зюлин А.Н. К вопросу интенсификации процесса сепарации зерна плоскими решетками //Тр. ин-та ЧИМЭСХ (Послеуборочная обработка зерновых культур) /. Вып.69– Челябинск, 1972, С.127-132.

64. Зюлин А.Н. Исследование процессов сепарации в условиях равномерного распределения материала по поверхностям решета //Тр. ин-та ВИМ/. Т.55. – М., 1971, С.146-153.

65. Зюлин А.Н., Ямпиллов С.С. Результаты исследований каскадного решетного сепаратора //Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства/. – 1982. - №10. С.52-53.

66. Терсков Г.Д. Расчет зерноуборочных машин. – М.-С.: Машгиз, 1949, С.121-159.

67. Сысоев Н.И. РК теории просеваемости решет //Тракторы и СХМ/. – 1962. - №10. С.19-21.

68. Васильев С.А. Основная закономерность процесса сепарации семян по размерам //Тракторы и СХМ/. – 1958. - №4. С.37-42.

69. Крутиков П.П. К вопросу о физико-механических свойствах семян саксаула //Тр. ин-та СредАзНИИЛХ/. вып.6. – Ташкент, 1958, С.276-283.

70. Мусаев Т.М. Исследование и обоснование параметров высевяющего аппарата для высева семян пустынных кормовых растений в каракулеводческих пастбищах Узбекистана: Дисс. ...канд.техн.наук. – Ташкент, 1969. С.3-57.

71. Урдиев Ш. Некоторые физико-механические свойства семян кейреука и чогона //Тр. ин-та ТИИИМСХ «Механизация и электрификация сельского хозяйства Узбекистана» /. вып.51. – Ташкент, 1972, С.160-168.

72. Турабаев А.Т. Некоторые физико-механические свойства семян засорителей вороха саксаула //Материалы десятой конференции молодых ученых Узбекистана по сельскому хозяйству (Лесное хозяйство): Тез.докл. / – Ташкент, 1980, С.81-85.

73. Ульрих Н.Н. Статистический метод исследования свойств семенных смесей применительно к задачам сепарации. – В кн.: Машины для послеуборочной поточной обработки семян. - М.: Машиностроение, 1967. С.31-33.

74. Кулик А.П. Физико-механические свойства зерновой пшеницы и семян гречихи татарской (кырлыка) и анализ их делимости //Тр. ин-та ВНИИЗ/. вып.102. – М., 1983, С.58-89.

75. Мачихина Л.И., Цыбулевский О.Г., Зевелев Б.В., Романенко В.К. Физико-механические свойства риса-зерна и его примесей как объекта сепарирования //Тр. ин-та ВНИИЗ/. вып.89. – М., 1978, С.63-66.

76. Виноградов В.П., Сорокина В.Н., Тимонина Л.И. Технология очистки щавеля //Тр. ин-та МИИСП/. Т.12. – М., 1975.

77. Соловьев В.М., Баженов Ю.Н. Составление фракционных схем очистки с помощью теоретических корреляционных таблиц, рассчитанных на ЭВМ //Тр. ин-та МИИСП/. Т.13. Вып.1.– М., 1976. С.81-85.

78. Бабченко В.Д., Зюлин А.Н., Дринча В.М., Воронин В.М. Исследование признаков делимости семян пшеницы и ячменя //НТБ ВИМ/. Вып.64.– М., 1986. С.44-46.

79. Корн А.М., Космовский Ю.А. Метод поиска признака сепарации //Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства/. – 1972. - №11. С.47-50.

80. Зюлин А.Н., Дринча В.М. Признак разделения семян пшеницы на пневматическом сортировальном столе //НТБ ВИМ/. Вып.69.– С.40-42.

81. Ульрих Н.Н. Использование корреляции между физико-механическими свойствами частиц в семенных смесях для правильного построения технологического процесса сепарирования. – М.: Сельхозиздат, 1937. С.3-57.

82. Зюлин А.Н. Исследование делимости зерновых смесей по комплексу свойств //Тр. ин-та ВИМ/. Т.112. – М., 1987, С.59-79.

83. Зюлин А.Н., Дринча В.М., Воронин В.М. Исследование делимости семян пшеницы и ячменя по комплексу физических свойств //НТБ ВИМ/. Вып.66.– М., 1987, С.20-22.

84. Зюлин А.Н., Бабченко В.Д., Германов В.А. Исследование очистки семян риса от краснозерных форм //НТБ ВИМ/. Вып.65.– М., 1986, С.23-26.

85. Зюлин А.Н., Воронин В.М. Метод расчета технологии разделения зерновых смесей по комплексу признаков //НТБ ВИМ/. Вып.62.– М., 1985, С.23-26.

86. Кленин И.И., Сакур В.А. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 1980. С.409-455.

87. Куйбаков Б.Б., Турабаев А.Т. Исследование разделения семян от примесей по комплексу признаков. (Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов СНГ: Тез. докл. -Алма-Ата, 1992. Стр.23-24.

88. Доспехов Ю.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. С.209-226.

89. Методика изучения физико-механических свойств растений. – М.: ОНТИ ВИСХОМ, 1960. -271 с.

90. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. – М.: Колос, 1970. С.164-168.

91. Порционный классификатор ППК-ВИМ. – М.: ВИМ, 1960.
92. ГОСТ 12036-85 – ГОСТ 12047-85. Семена сельскохозяйственных культур. – М.: Изд-во стандартов, 1985. -168 с.
93. Зайдаль Л.И. Элементарные оценки ошибок измерений. – Л.: Наука, 1968. С.44-68.
94. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. С.38-96.
95. Ивашев-Мусатов О.С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Наука, 1979. С.155-203.
96. Иванов В.С. Основы математической статистики. – М.: Физкультура и спорт, 1990. -176 с.
97. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. -287 с.
98. Цыпкин А.Г. Справочник по математике. – М.: Наука, 1979. -400 с.
99. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. -276 с.
100. Мельников С.В., Алешкини В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. -165 с.
101. РТМ 23.2.36 – 73. Руководящий технический материал: Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах. – М., 1974. -115 с.
102. Митков А.П., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроении. – М. - София: Машиностроение-Земиздат, 1978. - 353 с.
103. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М. – Высшая школа, 1988. - 238 с.
104. Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.П., Столярова Е.М. Методы оптимизации. – М.: Наука, 1978. -351 с.

105. Фигурнов В.Э. IBM PC для пользователя. – М.: Финансы и статистика, 1991. -283 с.

106. Куйбаков Б.Б. Послеуборочная обработка семян пустынных кормовых растений. (Тезисы докладов межвузовской научно-практической конференции «Вклад молодых ученых и специалистов в научно-технический прогресс в сельскохозяйственное производство»). - Фрунзе, 1990, стр. 73-74.

107. Куйбаков Б.Б. Результаты многофакторного эксперимента по послеуборочной очистке семян изеня. (III межрегиональная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов: Тезисы доклада «Проблемы научного обеспечения повышения эффективности сельскохозяйственного производства». – Бишкек, 1992. Стр.71-72.

108. Турабаев А.Т., Куйбаков Б.Б. Механизированная очистка семян изеня. (Сельское хозяйство Узбекистана), -1993 - №1.стр.25.

109. Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР: Утверждены Постановлением Совета Министров СССР от 22 ноября 1990 г. №1072.

110. Типовые нормы выработки на лесокультурные, лесомелиоративные, гидромелиоративные и лесозащитные работы, выполняемые механизированным (и для конно-ручного способа) способом в лесхозах Средней Азии, Казахстана и Азербайджана. 1992. СредАзНИИЛХ.

111. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 24 с.

112. Методы определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: ВНИИРИ, 1983. С.148.

ПРИЛОЖЕНИЯ