

## Фракционная технология и устройства послеуборочной обработки и переработки зерна плющением

**Петр Алексеевич Савиных,**  
доктор технических наук, главный научный  
сотрудник, e-mail: peter.savinyh@mail.ru;  
**Юрий Вячеславович Сычугов,**  
доктор технических наук,  
главный научный сотрудник;

**Владимир Аркадьевич Казаков,**  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, г. Киров, Российская Федерация

**Реферат.** Применение фракционных технологий послеуборочной обработки и переработки поступающего с поля зерна с целевым использованием получаемых зерновых фракций способствует значительному повышению эффективности отрасли зернового производства. (*Цель исследования*) Разработка фракционной технологии плющения и консервирования фуражного зерна и соответствующих технических средств. (*Материалы и методы*) Проанализировали уровень техники и разработали фракционную технологию послеуборочной обработки и переработки зерна плющением с последующим консервированием фуражной зерновой фракции. Предложили технологическую линию и представили конструктивно-технологические параметры соответствующих технических средств (МЗУ-20Д – машина зерноочистительная универсальная; МПО-30ДФ – машина предварительной очистки зерна с фракционированием; ПЗД-3,1, ПЗД-10 – плющилки зерна двухступенчатые). (*Результаты и обсуждение*) Спроектировали, изготовили и испытали универсальную зерноочистительную машину МЗУ-20Д, которая эффективно очищает от примесей зерновой материал, поступающий с поля после обмолота комбайнами, и разделяет его на фракции: семенное и продовольственное зерно – 60-70 процентов, отходы – до 10 процентов, зернофураж – до 40 процентов. Далее зерно направляется на плющение (для влажного зерна) с последующим консервированием и герметичным хранением полученной продукции до начала скармливания животным. Испытания показали, что разработанная кормоприготовительная машина качественно выполняет технологический процесс. Разработали и подготовили опытный образец плющилки зерна двухступенчатой (ПЗД-3,1), осуществляющей плющение зернового материала в два этапа тремя вальцами с последующим консервированием (для влажного зерна) фуражной зерновой фракции. (*Выводы*) Применение новой фракционной технологии и оборудования увеличивает производительность зерноочистительного сушильного комплекса – на 30-40 процентов, а расчетный годовой экономический эффект от такого обновления составит примерно 400 тысяч рублей. Расчетный годовой экономический эффект от применения плющилки зерна двухступенчатой (ПЗД-3,1) равен более 60 тысяч рублей, а уровень интенсификации производства вырос на 26 процентов по сравнению с плющилкой *MURSKA* производства Финляндии.

**Ключевые слова:** зерно, фракционирование, технология, консервирование, примеси, плющение, очистка.

**Для цитирования:** Савиных П.А., Сычугов Ю.В., Казаков В.А. Фракционная технология и устройства послеуборочной обработки и переработки зерна плющением // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №4. С. 16-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-16-21

## Fractional Technology and Tools for Post-Harvest Grain Treatment and Processing with Crushing

**Peter A. Savinykh,**  
Dr.Sc.(Eng.), chief research associate,  
e-mail: peter.savinyh@mail.ru;

**Yury V. Sychugov,**  
Dr.Sc.(Eng.), chief research associate;  
**Vladimir A. Kazakov,**  
Ph.D.(Eng.), senior research associate

Federal Agricultural Scientific Center of North-East named after N.V. Rudnitskiy (North East FASC), Kirov, Russian Federation

**Abstract.** The use of fractional technologies for post-harvest treatment and processing of grain heap delivered from field with



further special purpose use of grain fractions leads to a significant increase in grain production efficiency. (*Research purpose*) Developing a fractional technology for post-harvest treatment and processing of grain with crushing and preservation of feed grain fraction and designing a technological line and machines for it. (*Materials and methods*) The authors have analyzed the technological level and developed a fractional technology for grain post-harvest treatment and processing by crushing with subsequent preservation of the feed grain fraction. They have offered a technological line and presented the design and technological parameters of the corresponding technical means (МЗУ-20Д - grain cleaning universal machine, МПО-30ДФ - preliminary grain cleaning machine with fractionation, ПЗД-3,1, ПЗД-10 – two-stage grain crusher). (*Results and discussion*) The authors have designed, manufactured and tested a universal grain-cleaning machine МЗУ-20Д. It efficiently cleans grain material coming from the field after its threshing by combine harvesters, and divides it into fractions: seed and feed grain – 60-70 percent, waste material - up to 10 percent, grain fodder - up to 40 percent. Further on, the grain is sent for crushing (for wet grain), followed by preservation and hermetic storage of the products obtained before their feeding to animals. Tests have shown that the developed feed preparation machine efficiently performs the technological process. The authors have developed a two-stage grain crusher (ПЗД-3,1), performing the crushing of grain material in two stages by three rollers, followed by preservation (for wet grain) of the feed grain fraction. (*Conclusions*) It has been established that the use of the new fractional technology and equipment contributes to an increase in grain cleaning productivity – by 30-40 percent, and the estimated annual economic effect of the renovation is 400,000 rubles. The estimated annual economic effect of the use of the two-stage grain crusher (ПЗД-3,1) has proved to be more than 60 thousand rubles, and the level of production intensification has increased by 26 percent as compared to the MURSKA crusher produced in Finland.

**Keywords:** grain, fractionation, technology, preservation, foreign matter, crushing, cleaning.

**For citation:** Savinykh P.A., Sychugov Yu.V., Kazakov V.A. Fractional technology and tools for grain post-harvest treatment and processing with crushing. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(4): 16-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-16-21. (In Russian)

**П**рименение фракционной технологии послеуборочной обработки (или технологии по целевому назначению продукции) поступающего с поля зернового вороха после обмолота комбайнами на пунктах послеуборочной обработки зерна (ПОЗ) с дальнейшим целевым использованием зерновых фракций и получением из них готового продукта способствует значительному повышению эффективности всей отрасли производства зерна. В связи с этим реконструкция зерноочистительных-сушильных комплексов, их технологических линий и соответствующих технических средств – одна из важных задач по модернизации сельскохозяйственного производства. Для решения этой задачи в ФАНЦ Северо-Востока совместно с ПКБ НИИСХ Северо-Востока разработаны новые технологии и технологические линии, например, фракционная технология послеуборочной обработки зерна и технология переработки зернофуража для получения из него конечного продукта (готового корма для животных) – плющеного консервированного влажного зерна, а также технические средства для осуществления названных процессов – фракционные зерноочистительные машины и плющилки зерна.

**Цель исследования** – разработка фракционной технологии плющения и консервирования фуражного зерна, технологической линии и технических средств для ее осуществления; создание машины для фракционирования зернового материала с очисткой от примесей и двухступенчатой плющилки сухого и влажного зерна.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Существующие пункты и комплексы послеуборочной обработки зерна не обеспечивают требуемую глубокую переработку, необходимую в частности при производстве концентрированных (зерновых) кормов для животноводства, непосредственно пригодных к скармливанию [1, 2]. В ФАНЦ Северо-Востока создана конструктивно-технологическая схема фракционной обработки и переработки зернового материала (вороха) с выделением фуражной фракции и последующим ее плющением и консервированием (*рис. 1*) [3, 4]. Принцип ее действия состоит в следующем. Зерновой ворох из завальной ямы (ЗЯ) или аэрожелоба подается в машину предварительной очистки зерна (МПО), где очищается от примесей воздушным потоком и на решетных станах, а также разделяется на основную (семенное и продовольственное зерно, 60-70%), фуражную фракции (до 40%) и отходы (5%). Основная фракция – полноценное зерно – по зернопроводам подается в бункер резерва влажного зерна (БРВЗ), где проводится дальнейшая его обработка по известным технологиям. Очищенная фуражная фракция поступает в бункер влажного фуражного зерна (БВФЗ).

В соответствии с известными технологиями послеуборочной обработки зернового вороха влажное фуражное зерно подают в сушилку фуражного зерна (СФЗ) с жестким режимом сушки либо консервируют [3]. Отходы, выделенные МПО из зернового материала, направляются в бункер неиспользуемых отходов (БНО). Количество фуражного зер-

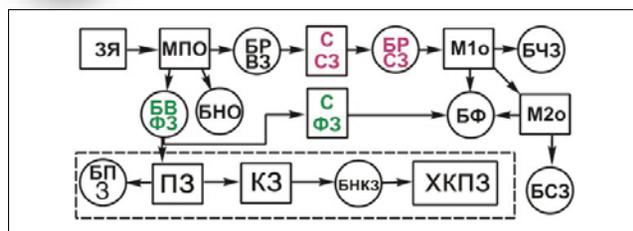


Рис. 1. Схема фракционной технологии переработки зернового вороха с последующим плющением фуражной фракции: ЗЯ – завальная яма; МПО – машина предварительной очистки зерна; ССЗ, СФЗ – сушилки зерна; М1о, М2о – машины очистки сухого зерна; ПЗ – плющилка зерна; КЗ – консервирование зерна; БНО, БРВЗ, БРСЗ, БФ, БЧЗ, БСЗ, БПЗ, БНКЗ – бункеры зерна; ХКПЗ – хранилище плющеного зерна

Fig. 1. Scheme of fractional technology of grain processing with its subsequent crushing: ЗЯ – dammed pit; МПО – grain cleaning machine; ССЗ, СФЗ – grain driers; М1о, М2о – dry grain cleaning machines; ПЗ – grain crusher; КЗ – grain preservation; БНО, БРВЗ, БРСЗ, БФ, БЧЗ, БСЗ, БПЗ, БНКЗ – grain hoppers; ХКПЗ – crushed grain storage

на, поступившего в бункер БВФЗ, составляет 30-40% от общего количества поступающего с поля, а его качество должно удовлетворять зоотехническим требованиям к технологии приготовления концентрированных кормов и соответствовать требованиям ГОСТ 9267-68, ГОСТ 9268-90, ГОСТ 18221-72.

В предлагаемой (новой) технологии выделенная и очищенная от примесей зерноочистительной машиной фуражная зерновая фракция из бункера БВФЗ зернопроводами подается на плющение, которое обеспечивает машина приготовления концентрированных кормов – плющилка зерна (ПЗ), а производимый ею корм (плющенное зерно) должен соответствовать требованиям ТУ 8-22-39-88. Полученное плющенное зерно подается в бункер-накопитель БПЗ, откуда как полноценный концентрированный корм поступает или на скормливание животным, или на консервирование (КЗ). Плющенное консервированное зерно подается в бункер-накопитель БКПЗ, откуда забирается для закладки на хранение.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Повышение эффективности послеуборочной обработки зерна требует реконструкции зерноочистительно-сушильных линий комплексов ПОЗ с возможностью применения технологий плющения зерна [5]. Для решения этой задачи специалистами ПКБ НИИСХ Северо-Востока разработана технологическая линия (рис. 2), установленная на зерноперерабатывающем комплексе в СПК «Заря» Нагорского района Кировской области.

Технологический процесс комплекса представляет собой последовательность определенных операций. Влажный зерновой ворох выгружается в приемное устройство с аэрожелобом, откуда воздушным потоком направляется в норию, которая подает его в машину предварительной очистки зер-

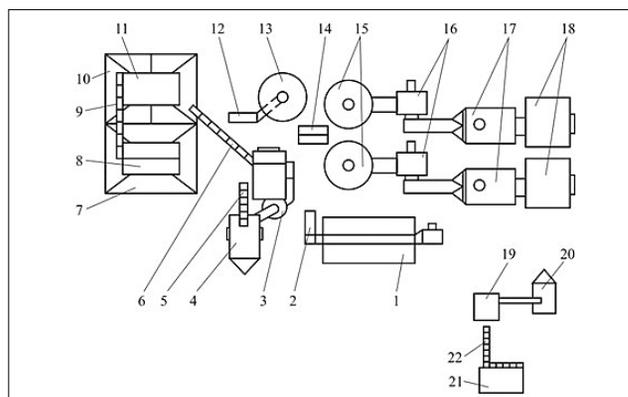


Рис. 2. Технологическая схема семяочистительно-сушильного комплекса послеуборочной обработки зерна, расположенного в СПК «Заря» Нагорского района Кировской области: 1 – аэрожелоб; 2, 12, 14 – норрии; 3 – машина предварительной очистки зерна с возможностью фракционирования МПО-30ДФ; 4 – бункер отходов; 5, 6, 9, 22 – транспортеры; 7, 10 – блок бункеров зерна; 8 – триер; 11 – машина вторичной очистки; 13 – бункер отлежки зерна; 15 – сушильные бункера; 16, 17, 18 – машины обработки сухого зерна; 19 – плющилка; 20 – прицеп; 21 – приемный бункер

Fig. 2. Technological scheme of seed-cleaning and drying of complex post-harvest grain processing in the Zarya farm enterprise, the Nagorsk district of the Kirov region:

1 – air slide; 2, 12, 14 – cup-type elevators; 3 – grain pre-cleaning machine with fractionation (optional) МПО-30ДФ; 4 – waste material hopper; 5, 6, 9, 22 – transporters; 7, 10 – a pack of grain bins; 8 – screening separator; 11 – secondary cleaning machine; 13 – grain binning hopper; 15 – drying bin; 16, 17, 18 – dry grain processing machine; 19 – crusher; 20 – trailer; 21 – intake hopper

на с возможностью фракционирования МПО-30ДФ.

Очищенное зерно также подается скребковым транспортером в бункер секции влажного зерна или самотеком – в одну из секций норрии, которая загружает сушильные бункеры. Далее высушенное зерно, выгруженное во вторую секцию норрии, отправляется в бункеры для охлаждения и отлежки, а затем норрией подается в машину вторичной очистки. Отсортированное зерно отправляется транспортером на триерную очистку, а затем в бункер чистого зерна, откуда попадает на склад готовой продукции. Фуражные отходы от триерного блока и машины вторичной очистки МВО-8Д загружаются в секцию сухого фуражного зерна бункера. Зерновой материал, поступивший в секцию влажного зерна бункера, выгружается в автотранспорт и перевозится под навес в приемный бункер, а затем скребковым транспортером подается в плющилку. Обработанное консервантом плющенное зерно загружается шнеком плющилки в прицеп и отправляется на хранение или используется на корм животным. Возможно также плющение сухого фуражного зерна из бункера.

Применение новой фракционной технологии и оборудования при реконструкции зерноочисти-



тельно-сушильного комплекса, расположенного в СПК «Заря» Нагорского района Кировской области, способствовало повышению его производительности до 30-40%, а расчетный годовой экономический эффект от обновления названного комплекса составил почти 400 тыс. рублей.

Для увеличения эффективности сельскохозяйственных технологий послеуборочной (в том числе фракционной) обработки и переработки зерна специалистами НИИСХ Северо-Востока разработаны зерноочистительные машины и плющилки зерна и налажено их производство [6-9].

С учетом результатов экспериментальных исследований процесса послеуборочной обработки и переработки зерна, а также анализа и мониторинга ключевых показателей и соответствующих технических средств разработана универсальная зерноочистительная машина МЗУ-20Д (патенты N2513391 RU, N2371262 RU). Названное устройство предназначено для фракционирования зерна и семян различных культур, первичной и вторичной очистки их от примесей и может применяться практически во всех сельскохозяйственных агротехнических зонах РФ.

Принцип работы технологической схемы (рис. 3) созданной зерноочистительной машины состоит в следующем. Зерновая смесь по зернопроводу поступает в питающее устройство, равномерно распределяется разравнивающим шнеком по ширине машины, затем подается в первый пневмосепарирующий канал, где воздушным потоком из зерновой смеси удаляются легкие примеси (полова, частицы соломы, семена сорных растений, пыль). После очистки в первом пневмоканале материал поступает на верхнее решето решетчатого стана, которое отделяет идущие сходом с него и выводимые лотком за пределы машины крупные примеси, а очищенное зерно поступает на среднее делительное решето. Среднее решето отделяет крупное полноценное зерно (фракция семенного и продовольственного зерна), которое сходом попадает во второй пневмосепарирующий канал, где происходит отделение легких примесей. На нижнем решете выделяются мелкие примеси, которые сквозь нижнее решето сходят по днищу нижнего решетчатого стана и через лоток выводятся из машины. Зерно (фракция фуражного зерна), идущее сходом, подается в третий пневмоканал, очищается от примесей, после чего выводится наружу и отправляется на плющение. Воздушный поток с легкими примесями из первого пневмоканала последовательно поступает в первую пылеосадочную камеру, затем – во вторую и диаметральной вентилятором подается в осадочную камеру пылеуловителя. Осевшие в камерах примеси выводятся шнеками за пределы машины. Таким образом, зерноочистительная машина МЗУ-20Д обеспечивает выход очищенной фуражной зерновой фракции (сход с нижнего реше-

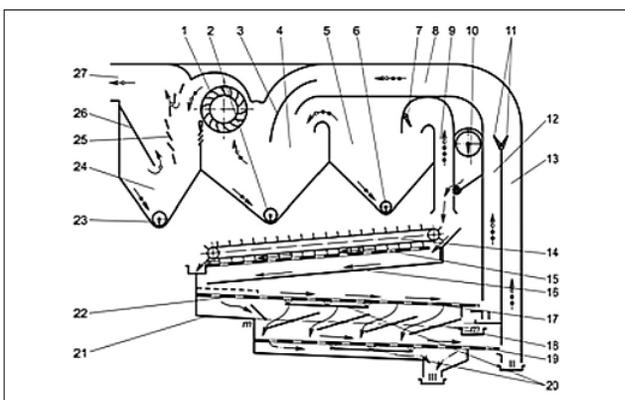


Рис. 3. Технологическая схема и общий вид машины зерноочистительной универсальной (МЗУ-20Д):

1 – питающее устройство; 2 – первый пневмосепарирующий канал; 3 – верхнее решето; 4 – верхний решетчатый стан; 5 – среднее делительное решето; 6 – второй пневмосепарирующий канал; 7 – днище нижнего решетчатого стана; 8, 9 – первая и вторая пылеосадочные камеры; 10 – диаметральный вентилятор; 11 – осадочная камера пылеуловителя

Fig. 3. Flow chart and general view of the universal grain cleaning machine (MZU-20D):

1 – feeding device; 2 – first pneumatic separating channel; 3 – upper sieve; 4 – upper grating; 5 – average dividing sieve; 6 – second pneumatic separating channel; 7 – the bottom part of the lower grating mill; 8, 9 – first and second dust chamber; 10 – diametral fan; 11 – sedimentary chamber of the dust collector

та) для последующего ее плющения и консервирования (для влажного зерна).

Изготовлена опытная модель универсальной зерноочистительной машины МЗУ-20Д. Специалистами Кировской МИС проведены предварительные ее испытания в СПК «Рассвет» Немского района Кировской области. По их результатам установлено, что названная модель качественно осуществляет технологический процесс по очистке зернового материала от легких, крупных и мелких примесей, а ее конструкционно-технологические параметры соответствуют требованиям ТЗ и НД, в том числе по показателям назначения, энергооценки и безопасности конструкции. Машина соответствует требованиям технологии послеуборочной обработки зерна

и семян и может успешно использоваться в сельскохозяйственных предприятиях. Кировская МИС рекомендует представить зерноочистительную машину МЗУ-20Д на приемочные испытания.

Для получения зернового плющеного корма, в том числе из фуражной зерновой фракции, выделяемой из поступающего после обмолота в поле зернового вороха и очищаемой от примесей вышеуказанными зерноочистительными машинами, разработана плющилка зерна двухступенчатая (ПЗД-3.1) производительностью 3 т/ч, общий вид и конструктивно-технологическая схема которой представлена на рисунке 4.

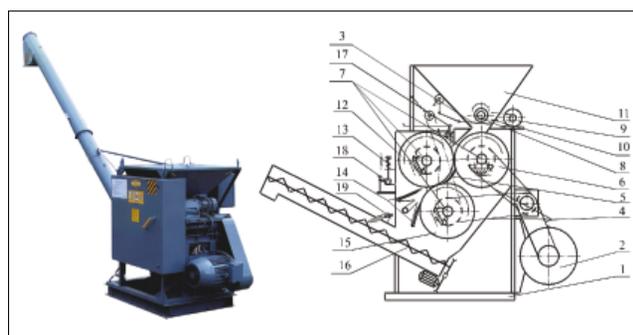


Рис. 4. Общий вид и конструктивно-технологическая схема опытного образца ПЗД-3.1:

1 – рама; 2, 9 – электродвигатели; 3 – заслонка; 4 – ременная передача; 5 – очищающий нож; 6 – верхний валец; 7 – опоры; 8 – питатель; 10 – цепная передача; 11 – питательный бункер; 12 – боковой валец; 13 – защитное устройство; 14 – очищающие ножи; 15 – нижний валец; 16 – выгрузной транспортер; 17, 18 – регуляторы зазоров; 19 – форсунка

Fig. 4. General view and scheme of ПЗД-3.1 grain crusher:

1 – frame; 2, 9 – electric motor; 3 – flap; 4 – belt drive; 5 – cleaning knife; 6 – upper shaft; 7 – supports; 8 – feeder; 10 – chain drive; 11 – feed hopper; 12 – side shaft; 13 – protective device; 14 – cleaning knives; 15 – lower shaft; 16 – discharge conveyor; 17, 18 – gap regulators; 19 – nozzle

Для обоснования двухступенчатого рабочего процесса получения плющеного зернового корма проведены эксперименты при одно- и двухступенчатом плющении зерна, которые позволили определить влияние различных конструктивно-технологических факторов на пропускную способность, потребляемую мощность вальцового станка (плющилки зерна) и качество готового продукта, что позволило дать оценку целесообразности применения двухступенчатого плющения перед одноступенчатым.

По результатам экспериментальных исследований построены графики зависимости изменения удельных энергозатрат  $q$  от входного межвальцового зазора  $h_1$  первой ступени для одноступенчатого и двухступенчатого плющения (рис. 5).

На рисунке 5 показана зона 1 для одноступенчатого плющения и зона 2 для двухступенчатого плющения, которые определяют отвечающие зоо-

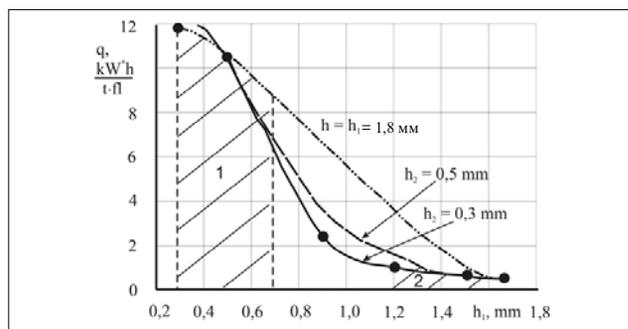


Рис. 5. Зависимость изменения удельных энергозатрат  $q$  от входного межвальцового зазора  $h_1$  первой ступени плющения  
Fig. 5. Dependence of specific energy consumption change  $q$  on the input flange clearance  $h_1$  of the first stage of crushing

техническим требованиям пределы использования готового продукта, от выходного межвальцового зазора. Из анализа этих зон видно, что использование двухступенчатого плющения по сравнению с одноступенчатым позволяет сократить минимум в несколько раз удельные энергозатраты (разница площадей зон 1 и 2). Кроме того, использование двухступенчатого плющения позволяет плющить зерно вальцами с гладкой рабочей поверхностью большей пропускной способности при меньшей энергоёмкости процесса, с выходом хлопьев, отвечающих зоотехническим требованиям, что свидетельствует о высокой эффективности его применения.

С учетом этих исследований разработан и изготовлен опытный образец зерноплющилки ПЗД-3.1 и проведены испытания в производственных условиях. Дана экономическая оценка технического средства для плющения зерна различных культур с одновременным внесением консервантов. Аналогом для расчета экономической эффективности выбрана одноступенчатая зерноплющилка с двумя рифлеными вальцами с возможностью одновременного внесения консерванта MURSKA-350S. Согласно расчетам годовой экономический эффект от применения технического средства для плющения зерна с одновременным внесением консервантов ПЗД-3.1 (при годовой нагрузке в хозяйстве на плющилку 1000 т) составляет  $\mathcal{E}_r = 60\ 833$  руб., а уровень интенсификации сельскохозяйственного производства для ПЗД-3.1 в сравнении с плющилкой MURSKA-350S производства Финляндии составил 26%.

**Выводы.** Задача повышения эффективности послеуборочной обработки и переработки зерна решается методом реконструкции зерноочистительных-сушильных комплексов. Это позволит использовать, например, фракционную технологию плющения и консервирования влажного фуражного зерна, повысить производительность всего комплекса на 30-40% и произвести плющенный зерновой корм непосредственно на местах получения и переработки сырья. Использование в технологических лини-



ях послеуборочной обработки зерна новых воздушно-решетных машин позволяет эффективно фракционировать поступающий на переработку зерновой ворох, а полученные зерновые фракции использовать по целевому назначению: из полноценного зерна получать семена и продукты питания, из фуражного – готовый плющенный корм для различных групп сельскохозяйственных животных. Применя-

ние машины для получения плющеного корма – плющилки зерна двухступенчатой (ПЗД-3,1) – существенно снижает затраты на производство кормов, например, расчетный годовой экономический эффект от применения плющилки зерна двухступенчатой (ПЗД-3,1) вместо *MURSKA-350S* – Э<sub>г</sub> = 60 833 руб., а уровень интенсификации составит 26%.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сысуйев В.А., Сыроватка В.И., Попов В.Д. и др. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна. М.: Россельхозакадемия. 2006. 130 с.
2. Сысуйев В.А., Русаков Р.В. и др. Способ подготовки зерна озимой ржи в кормлении крупного рогатого скота и птицы. Рекомендации. Киров: НИИСХ Северо-Востока. 2012. 31 с.
3. Сысуйев В.А., Савиных П.А., Казаков В.А. Технология двухступенчатого плющения фуражного зерна // *Достижения науки и техники АПК*. 2012. №6. С. 70-72.
4. Сычугов Н.П., Сычугов Ю.В., Исупов В.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян трав. Киров: ФГУИПП «Вятка». 2003. 368 с.
5. Sysuev V., Semjons I., Savinyh P., Kazakov V. The

- movement and transformation of grain in a two-stage crusher // In: *Engineering for Rural Development, Proceedings*. 14. Jelgava. 2016. pp. 22-27.
6. Ромалийский В.С. Плющилка для влажного зерна // *Комбикорма*. 2004. №2. С. 23-25.
7. Sebestuen E.J. Grinding of animal feeding stuffs // *Journal of Flaut and Animal Feed Milling*. May. 1974. p. 128.
8. Измайлов А.Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. М.: Росинформагротех. 2007. 197 с.
9. Измайлов А.Ю. Повышение уровня использования транспорта в сельском хозяйстве // *Техника в сельском хозяйстве*. 2006. №2. С. 8-10.

**REFERENCES**

1. Sysuyev V.A., Syrovatka V.I., Popov V.D. et al. Rekomendatsii po zagotovke i ispol'zovaniyu vysokovlazhnogo furazhnogo zerna [Recommendations for obtaining and use of high-moisture feed grain]. M.: Rossel'khozakademiya, 2006. 130. (In Russian).
2. Sysuyev V.A., Rusakov R.V. et al. Sposob podgotovki zerna ozimoy rzhi v kormlenii krupnogo rogatogo skota i ptitsy. Rekomendatsii [A method for preparing winter wheat rye for feeding cattle and poultry. Recommendations]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2012. 31. (In Russian).
3. Sysuyev V.A., Savinykh P.A., Kazakov V.A. Tekhnologiya dvukhstupenchatogo plyushcheniya furazhnogo zerna [Technology of two-stage crushing of feed grain] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2012. 6. 70-72. (In Russian).
4. Sychugov N.P., Sychugov Yu.V., Isupov V.I. Mekhanizatsiya posleuborochnoy obrabotki zerna i semyan trav [Mechanization of post-harvest processing of grain and grass seeds]. Kirov: FGUIPP "Vyatka". 2003. 368. (In Russian).

5. Sysuev V., Semjons I., Savinyh P., Kazakov V. The movement and transformation of grain in a two-stage crusher // In: *Engineering for Rural Development, Proceedings*. 14. Jelgava. 22-27.
6. Romaliyskiy V.S. Plyushchilka dlya vlazhnogo zerna [Wet grain crusher] // *Kombikorma*. 2004. №2: 23-25. (In Russian).
7. Sebestuen E.J. Grinding of animal feeding stuffs // *Journal of Flaut and Animal Feed Milling*. 1974. Mau. 128. (In English)
8. Izmaylov A.Yu. Tekhnologii i tekhnicheskiye resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sistem APK [Technologies and technical solutions aimed at improving the efficiency of transport systems used in farm enterprises]. M.: Rosifnormagrotekh. 2007. 197. (In Russian).
9. Izmaylov A.Yu. Povysheniye urovnya ispol'zovaniya transporta v sel'skom khozyaystve [Increasing the level of using transport in agriculture] // *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2006. №2: 8-10. (In Russian).

**Статья поступила в редакцию 06.04.2018**  
**The paper was submitted**  
**to the Editorial Office on 06.04.2018**

**Статья принята к публикации 20.07.2018**  
**The paper was accepted**  
**for publication on 20.07.2018**

**Конфликт интересов.**  
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.**  
 The authors declare no conflict of interest.