

Н.А. Урханов, д-р техн. наук, проф. академик МАН ВШ
Б.Д. Цыдендоржиев, канд. техн. наук, доц.
А.А. Абидуев, канд. техн. наук, ст. преподаватель
А.С. Бужгеев, канд. техн. наук, ст. преподаватель
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
А.А. Абидуев, канд. техн. наук, доц.
Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова

УДК 664; 362.34

УСЛОВИЯ, ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Представлены результаты обоснования условий, технологии и средств механизации послеуборочной обработки и вторичной очистки зерна в Забайкалье, параметров рабочих органов машин.

Ключевые слова: условия, обработка, очистка, зерно, технология, рабочие органы, машины.

N.A. Urkhanov, Dr. Sc. Engineering, Prof., IHEAS Academician
B.D. Tsydendorzhiev, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.
A.A. Abiduev, Cand. Sc. Engineering
A.S. Buzhgeev, Cand. Sc. Engineering
A.A. Abiduev, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.

CONDITIONS, TECHNOLOGY AND MECHANICAL MEANS OF GRAIN POST-HARVEST PROCESSING IN TRANSBAIKALIA

The article reveals conditions, technology and mechanical means of grain post-harvesting, secondary grain treatment in Transbaikalia and parameters of the machinery working parts.

Key words: conditions, treatment, cleaning, grain, technology, working parts, machinery.

Введение

В условиях сокращающихся посевных площадей и дальнейшего повышения урожайности зерновых культур необходимо обеспечить совершенствование технологии и средств послеуборочной обработки зерна (ПОЗ) с учетом условий Забайкалья.

Рельеф поверхности территории Забайкалья общей площадью 782 тыс. км², его богатые водные ресурсы, заключающиеся в наличии множества озер и более 9 тыс. рек и речек, впадающих в основном в оз. Байкал, и резкоконтинентальный климат создают природно-климатические особенности производства зерна и проведения ПОЗ.

Валовый сбор зерна в Забайкалье, по данным 1971–1984 гг., колебался в пределах 1192–1713 тыс. т, а в Республике Бурятия составил в среднем 500 тыс. т.

Относительно короткий безморозный вегетационный период роста растений и выпадение большого количества осадков во время проведения уборки и ПОЗ оказывают влияние на особенности свойств зерна местных сортов и качества свежесобранного зерна. Для повышения эффективности ПОЗ важно внедрить результаты исследования свойств и технологии очистки зерна и условий ПОЗ в Забайкалье.

Материалы и результаты исследования, их обсуждение

Условия производства и формирования качества зерна на территории Забайкалья зависят от влаго- и теплообеспеченности в период (май, июнь, июль) развития растений. Для определения этих условий использован гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянина – K_s , который определяется как отношение суммы осадков $\sum P$ со средней температурой воздуха выше 10^0 к сумме температуры $\sum t^0$ за этот период, уменьшенный в 10 раз [1]:

$$K_c = \sum P : (\sum t^0 \cdot 10^{-1}) \quad (1)$$

По формуле (1) определены коэффициенты K_c . В зависимости от величины этого коэффициента в сельскохозяйственных зонах Забайкалья районированы местные сорта пшеницы и других зерновых культур. По показателю K_c Забайкалье разделено на две подзоны: влажная, где $K_c = 1,5 \dots 2,0$ и выход зерна крупной фракции составляет 57–79 %, и засушливая, где $K_c = 1,0 \dots 1,5$ и выход зерна крупной фракции – 37–53 %.

Исследование качественных признаков зерна пшеницы с целью установления наиболее общих статистических взаимозависимостей с ГТК показало, что выход крупной фракции зависит от природно-климатических условий разных лет и характеризует физико-механические и технологические свойства зерна [3]. Больше половины фракционного состава изученных проб приходится на долю наиболее крупного зерна. Его содержание по годам колебалось от 50,3 до 64,7 % и в среднем за 5 лет составило 57 %. При этом общее количество крупного зерна определено с учетом количества зерна средней фракции (остаток на сите $\varnothing 2,5 \times 20$ мм) и составило от 71 до 91 % и в среднем за пятилетие – 81 %. Это показывает, что зерно пшеницы местных сортов Забайкалья по толщине достаточно крупное и пригодно для использования в качестве семенного и продовольственного материала.

Тепло- и влагообеспеченность имеют достаточно устойчивую связь с крупностью зерна и его физико-механическими и технологическими свойствами, оказывающими влияние на технологию обработки и параметры рабочих органов зерновых сепараторов. Зерно пшеницы местных сортов имеет, как показывают результаты исследования, более выпуклую яйцевидную форму и короткую длину (4,0–7,2 мм) в сравнении с зерном, произрастающим в Западной Сибири и европейской части страны. При этом оно по толщине достаточно крупное – 1,5–4,0 мм и имеет неплохую корреляционную связь с массой – 0,7316. Эта связь по ширине зерна составляет – 0,8226. Поэтому для фракционного разделения зернового материала на крупную и среднюю фракции на разделительных решетках сепараторов ОВП-20, ЗВС-20 применяют разделительное решето B_1 с размерами отверстий диаметром в пределах от 2,8 до 3,4 мм и сортировочное с отверстиями диаметром от 3,6 до 4,2 мм при влажности зерна не более 15 %, а в Забайкалье влажность свежесобранного зерна высокая в зависимости от естественно-климатических условий.

Условия ПОЗ зависят от количества атмосферных осадков, температуры и относительной влажности воздуха, которые оказывают влияние на влажность и объем влажного зерна. При этом общее количество влажного и сырого зерна определяет объем работы, технологию и средства ПОЗ. Для обоснования зоны Забайкалья по условиям ПОЗ использован гидротермический коэффициент (kwt), предложенный проф. М.Г. Голиком [2]:

$$(kwt) = \sum P : T_c \quad (2)$$

где $\sum P$ – сумма осадков в период (август, сентябрь) уборки;

T_c – средняя температура воздуха за этот период.

Зависимость (2) использована для определения значений коэффициентов (kwt) по данным метеоусловий каждого года за 11 лет – одного цикла изменений природно-климатических условий. При этом математическая обработка данных на ЭВМ показывает, что Забайкалье можно разделить на две подзоны по средним значениям коэффициента (kwt) с учетом того, что влажность и засоренность или объем послеуборочной обработки зерна зависит от гидротермического коэффициента. К первой подзоне относятся 18 районов: Курумканский, Баргузинский, Хоринский, Кижингинский, Улан-Удэнский, Заиграевский, Селенгинский, Бичурский, Чернышевский, Сретенский, Читинский, Мергинский, Карымский, Билейский, Оловянинский, Баргузинский, Приаргунский, Шилкинский, со средними значениями коэффициента от 3,06 до 4,97, а второй – 20 районов: Северо-Байкальский, Баунтовский, Еравнинский, Прибайкальский, Кабанский, Мухоршибирский, Закаменский, Джидинский, Кяхтинский, Могочинский, Тункогочинский, Шелопучинский, Улетовский, Петровск-Забайкальский, Кырымский, Агинский, Алек-Заводской, Дульдорчинский, Красночикоийский, Окинский, с значениями коэффициента от 5,36 до 8,01. Достоверность такого разделения

территории проверена по F-распределению и гипотезе о равенстве дисперсии при значениях $\alpha = 0,05$ и $\alpha=0,01$, позволяет считать подзоны существенно различающимися по коэффициенту (kwt) и условиям послеуборочной обработки свежееубранного зерна [3].

В результате обработки материалов исследований по определению связи гидротермического коэффициента (X) с общим объемом (Y) сырого и влажного зерна в % от валового сбора получено уравнение связи

$$Y = 49,87 + 22,59 X^{1/3} \quad (r_{xy} = 0.716). \quad (3)$$

Уравнение (3) рекомендовано для ориентировочного определения количества Y – влажного зерна (в % от общего количества его заготовки) в зависимости от среднего значения коэффициента X_i в каждой подзоне. Так, объем влажного зерна в 1-й подзоне по уравнению составляет $Y_1 = 85,6$ % при среднем значении $X_1 = 4,01$, а во второй подзоне – $Y_2 = 99,87$ % при $x_2 = 6,681$. В первой подзоне 85,6 % зернового вороха имеет влажность от 16 до 20 % при засоренности 10 ... 15 % и практически свежееубранный материал полностью подлечит послеуборочной обработке (предварительная очистка, подсушка, сушка). Во 2-ой подзоне из общего количества $Y_2 = 99,87$ % влажного зернового материала часть $Y_c = 38$ % составляет сырое зерно влажностью выше 19 % и засоренностью 14–16 %, которое требует большего объема послеуборочной обработки с использованием зерносушилок, чем в первой. При этом количество Y_c сырого материала из всего количества влажного – Y_2 во 2-й подзоне определено с учетом того, что в 1-й подзоне количество влажного зерна влажностью до 20 % составляет при среднем значении коэффициента $X_1 = 4,01$. Следовательно, $Y_c = [(X_2 - X_1) : X_2] \cdot 100 = 38$ %, что приблизительно соответствует фактическому количеству сырого зерна в % из всего количества Y_2 убранный вороха. Поэтому во 2-й подзоне потребность в КЗС больше, чем в 1-й ориентировочно на 38 %, т.е. из каждых 10 агрегатов, например, ЗАВ-10, один представляет комплекс КЗС-10 «Ш», а во второй – четыре с учетом, что для увеличения сроков временного хранения в каждой подзоне используются ворохоочистители, зернометатели, установки для активного вентилирования и аэродинамической обработки для охлаждения, подсушки и перемещения зерна [3, 5].

Технология и средства механизации ПОЗ должны соответствовать прогнозируемому объему влажного и сырого зерна, обеспечивать своевременную обработку свежееубранного зернового вороха с учетом ожидаемой интенсивности и неравномерности его поступления на пункт. При этом учитывается, что с ростом влажности зернового материала увеличивается его засоренность и создаются трудности при очистке зерна на воздушно-решетных ворохоочистителях и подсушке активным вентилированием в складах. Длительность безопасного хранения влажного зернового вороха уменьшается, а производительность и качество работы существующих зерноочистительных машин резко снижаются. Известно, что один процент увеличения засоренности сверх базисной кондиции снижает производительность зерноочистительной машины на 2 %, а каждый процент влажности – на 5 %. Была разработана технология приема и послеуборочной обработки зернового вороха на двух линиях: первая для зерна влажностью $w \geq 17$ % выше базисной кондиции и вторая – $w \leq 17$ %. Первая обеспечивает предварительную очистку и подсушки зерна на 2–3 % воздухом на ЗМ-60 и лопастном порционном метателе или на аэрофонтанном устройстве в процессе перемещения материала. Далее материал направляется в бункеры БАВ-200 и на технологическую линию КЗС-20 Ш, проходит предварительную очистку на воздушно-решетной машине ЗД-10.000 А и после сушки на зерносушилке ЗСШ-16 – первичную и вторичную очистки на машине ЗАВ-10.30000 и триерном блоке ЗАВ-10.90000А, которые могут быть заменены аналогичными машинами одинаковой производительности, выпускаемыми промышленностью в настоящее время. При наличии склада для временного хранения с устройством вентилирования в линии используется ворохоочиститель МПО-50. После окончательной обработки на этой линии зерно поступает в склад готовой продукции. Вторая линия приема производит аэродинамическую обработку и фракционное разделение зерна на крупную и среднюю фракции, его очистку от легких, мелких и крупных, коротких и частично длинных примесей на зернометателе ЗМ-60 или на лопастном порционном метателе, используя при этом пневматическое

устройство для импульсной обработки и перемещения зернового слоя воздухом после завальной ямы в режиме аэрофонтирования или подвешенного состояния [5]. В результате интенсивной обработки на этой линии обеспечивается доведение влажности зерна до 14–15 % и после фракционного разделения и вторичной очистки зерно направляется в склад готовой продукции. При этом на открытых площадках используются ворохоочистители ОВП-20, ЗМ-60 и порционные метатели. Еще более значительно влияние влажного зернового вороха на производительность и качество работы зерносушилок. Серийно выпускаемые сушилки шахтного типа не могут обрабатывать зерновой материал с содержанием соломистых примесей более 5 % с влажностью выше 26 %. Повышение среднесезонной влажности зерна на 1 % вызывает уменьшение производительности сушилок на 11 %. Поэтому в условиях второй подзоны Забайкалья, где количество влажного и сырого зерна доходит до 99 % от его валового сбора в хозяйствах, нашли широкое применение ворохоочистители и зернометатели для предварительной обработки зернового вороха на открытых площадках и зерноочистительно-сушильные комплексы, обеспечивающие обработку зерна в поточных линиях, ощущается нехватка в зерносушилках. С целью сохранения свежесобранного зерна в период уборки склады и площадки оборудуют устройствами для активного вентилирования. Вентилирование зерна с целью охлаждения проводят в ночное время, когда температура воздуха опускается до 2⁰, а с целью подсушки – в дневное время при температуре 12–20⁰ или подогретым воздухом [3]. Применение лопастного порционного зернометателя и пневматических устройств обеспечивают интенсификацию процессов охлаждения и подсушки зерна в импульсном режиме обработки воздухом при скорости обдува 8–18 м/с, совмещая обработку с транспортированием материала. При этом данные устройства обеспечивают повышение эффективности обработки зерна и менее материалоемкие и энергоемкие в сравнении с существующими установками [3].

Технология и средства механизации обработки зернового вороха применяются на пунктах, в частности, в Республике Бурятия. При этом технология эффективного разделения зерна на решетках на фракции и его очистки от примесей обоснована определением параметров рабочих органов сепараторов. Для разделения зерна пшеницы местных сортов применяют разделительное (разгрузочное) решето Б₁ №№ 28–36, устанавливаемое в зависимости от характеристики зерна по ширине. При этом крупная фракция с крупными примесями сходит с решета Б₁ на решето Б₂ с отверстиями диаметром от 4,0 до 5,4 мм, а средняя фракция проходит через Б₁ поступает на подсевные решета В и Г с отверстиями Ø 2,0 x 20 мм или Ø 2,2 x 20 мм, применяемые в зависимости от характеристики зернового материала. Результаты исследования показывают, что при закрытии отверстий в начале решета Б₁ на участке длиной 200 мм, для ориентации зерна на рабочей поверхности под слоем, обеспечиваются сход зерна крупной фракции с овсюгом с Б₁ на решето Б₂ и проход средней фракции с мелкими и короткими примесями на подсевные решета В и Г. При этом на решете Б₂ большая часть овсюга (от его исходного примерно 3%-ного содержания) выделяется сходом с крупными примесями, а зерно крупной фракции с оставшейся частью овсюга проходит через него выводится из машины и направляется отдельным потоком на овсюжный триер с ячейками диаметром 8,5 мм, применяемыми в Забайкалье. При этом объем триерной очистки уменьшается в два раза [3, 6]. В условиях Забайкалья куколь мелкий и практически просеивается на подсевных решетках с мелкими примесями, поэтому объем очистки зерна на триерах уменьшается до 4 раз. Рабочие скорости воздуха для пневматических устройств и сепараторов определяются расчетным способом и обеспечивают эффективность воздушной обработки и очистки зерна [5].

Обоснованы исследованием конструкции и параметры продолговатых ячеек, которые обеспечивают увеличение производительности цилиндрических и дисковых триеров до 2,4 раза в сравнении со стандартными ячейками [3]. В результате продолжения исследования за последние 5 лет созданы цилиндрический и дисковый сепараторы, обеспечивающие создание инновационной технологии одновременной очистки зерна от коротких и длинных

примесей в одном сепараторе и увеличение производительности до 5 раз и значительное уменьшение материало- и энергоемкости машины.

Производительность ЗАВ и КЗС выбирают в зависимости от годового объема производства зерна: 10 т/ч – до 2500-3000 т, 20 т/ч – до 5000 т, При этом количественное соотношение КЗС в первой и второй подзонах составляет: на один комплекс в 1-й подзоне приходится на четыре – во 2-й из-за большего объема влажного и сырого зерна.

Результаты разработки технологии и средств механизации проверены на пунктах ПОЗ хозяйств Республики Бурятия в период 1977–1998 гг. при выполнении хоздоговорных работ с Министерством сельского хозяйства РСФСР и хозяйствами Хоринского, Кижингинского, Селенгинского, Курумканского и Джидинского районов [3].

В настоящее время многие пункты ПОЗ бывших колхозов и совхозов используются примерно на 0,5 своей мощности или практически не работают из-за того, что исчерпан срок службы машин и оборудования, ЗАВ и КЗС, а фермерские хозяйства не могут обеспечить их техническое обслуживание, ремонт и эксплуатацию, качественно провести обработку и подготовку зерна продовольственного и семенного назначений. Поэтому необходимо создание хозрасчетных центральных пунктов ПОЗ или районных ХПП и предприятий сервисного обслуживания.

Заключение

Условия производства в Забайкалье обеспечивают формирование качества зерна и получение достаточного количества крупной фракции – до 81 %. При этом зерно местных сортов достаточно крупное по толщине (1,5–4,0 мм) при коэффициенте 0,7316 корреляции с его массой, а по ширине – 0,8226. Эти размеры использованы для обоснования рабочих параметров решет и фракционного разделения и очистки зернового материала на решетках сепараторов. Длина зерна короче в сравнении с зерном других зон и использована для выбора рабочего размера 8,5 мм ячейки триера, применяемого в Забайкалье.

По условиям ПОЗ территория Забайкалья разделена на две подзоны со значениями коэффициентов (kwt) в пределах 3,06 – 4,97 и 5,3 – 8,01 соответственно. Исследованием влияния коэффициентов на качество зернового вороха на ЭВМ получено уравнение связи для ориентировочного расчетного определения количества влажного зерна и объема ПОЗ, подтверждаемого результатами анализа качества заготовленного зерна. Определены технология и средства механизации ПОЗ в каждой подзоне, обеспечивающие своевременную обработку свежееубранного зернового вороха и качество очистки зерна в Забайкалье, которые внедрены при выполнении хоздоговорных работ в Республике Бурятия.

Библиография

1. Карпушкин В.М. Агроклиматические ресурсы Юго-Восточной Сибири. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1969.
2. Голик М.Г., Демидович В.Н., Мельник Б.Е. Научные основы послеуборочной обработки зерна в потоке. – М.: Колос, 1972. – 163 с.
3. Урханов Н.А. Интенсификация послеуборочной обработки и очистки зерна от примесей по длине. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 1999. – 319 с.
4. Урханов Н.А. Проблемы совершенствования технологии и технических средств обработки зерна: материалы респуб. конф. «Состояние и проблемы развития агропромышленного комплекса Республики Бурятия». – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2011. – С. 94–105.
5. Урханов Н.А., Цыдендоржиев Б.Д., Цыдендоржиева Г.Р. и др. Совершенствование конструкции и технологического процесса работы пневматических устройств и сепараторов для зерна // Вестник ВСГТУ. – Улан-Удэ, 2011. – №3. – С. 63–69.
6. Урханов Н.А. Технология очистки зерна и основы расчета рабочих органов зерноочистительных машин: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2002. – 240 с.

Bibliography

1. *Karpushkin V.M.* Agroclimatic resources of South-East Siberia. – Irkutsk: Vostochno-Sibirskoye Publishing House, 1969.
2. *Golik M.G, Demidovich V.N., Melnik B.E.* Scientific basis of post-harvest grain flow. – M.: Kolos, 1972. – 163 p.
3. *Urkhanov N.A.* Intensification of post-harvest handling and cleaning of grain from impurities in length. – Ulan-Ude: ESSUT Press, 1999. – 319 p.
4. *Urkhanov N.A.* Problems of improving the technology and means of grain processing: Proceedings of the Republican Conference «State and problems of agro-industrial complex of the Republic of Buryatia». – Ulan-Ude: BSAA Press, 2011. – P. 94–105.
5. *Urkhanov N.A., Tsydendorzhiev B.D., Tsydendorzhieva G.R. et al.* The improved structures and processes of pneumatics and separators for grains. – Ulan-Ude: ESSUT Press, 2011. – N 3. – P. 63.
6. *Urkhanov N.A.* The technology of grain cleaning and bases of working body's calculation of grain cleaners. Textbook edition. – Ulan-Ude: ESSUT, 2002. – 240 p.