

ВЫБОР ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗОНАХ С ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ЗЕРНА

В.А. САБАШКИН, кандидат технических наук, заведующий лабораторией,
В.Р. ТОРОПОВ, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск
e-mail: sibime@ngs.ru*

Обосновано применение зерноочистительно-сушильных комплексов для сельскохозяйственных предприятий в зонах Западной Сибири с высокой влажностью зерна. К таким зонам относится часть северной лесостепи низменности и лесостепи предгорий, таежно-подтаежные зоны низменности и предгорий. Зерноочистительно-сушильные комплексы в данных зонах должны обеспечивать возможность как однократной, так и двукратной сушки зерна. Для этого их рекомендуется оснащать двумя сушилками или одной сушилкой с двумя шахтами с возможностью параллельной или последовательной работы. Определены три типоразмера комплексов с суточной производительностью 100, 200 и 400 т. Разработаны альтернативные варианты технологических схем комплексов, проведена технико-экономическая оценка и определены граничные условия их применения. Установлено, что выбор того или иного комплекса будет определяться в основном уровнями имеющихся финансовых или трудовых ресурсов. На комплексах с производительностью 100 т/сут предпочтительна обработка зерна поточным способом, при этом требуются дополнительные капитальные вложения. Для комплексов с производительностью 200 и 400 т/сут наиболее эффективен вариант обработки зерна с резервированием его в операционном силосе. Лучшие технико-экономические показатели обеспечиваются на комплексах с большей суточной производительностью.

Ключевые слова: послеуборочная обработка зерна, зерноочистительно-сушильные комплексы, технологические схемы, технико-экономические показатели, граничные условия

В Западной Сибири велика вероятность уборки влажного зерна, поэтому все зернопроизводящие предприятия региона должны быть оснащены сушилками. Известно, что для сохранения качества товарного зерна на сьем влаги за один пропуск через сушилку не должен превышать 6% [1]. При влажности зерна до 15% сушка не требуется, от 15 до 21% нужна однократная сушка, свыше 21% – двукратная. Далее зерно с влажностью более 21% будем называть зерном с высокой влажностью, а зоны, где максимальная влажность его может превышать 21%, – зонами с высокой влажностью зерна.

Многолетний опыт показал, что послеуборочную обработку зерна наиболее эффективно осуществлять на зерноочистительно-сушильных комплексах (ЗСК) [2–4]. Однако существующие комплексы физически и морально устарели. Очистка зерна и семян на них выполняется большим набором машин с многократными циклами. Компонировочные решения комплексов не обеспечивают необходимую вариантность

технологических схем обработки зерна. Затраты труда на послеуборочную обработку урожая в 1,5–2,0 раза выше, чем на уборку, издержки достигают 30% себестоимости зерна. Требуется переоснащение материально-технической базы послеуборочной обработки зерна на основе новых ресурсосберегающих технологий и технических средств. Особенно актуальна эта проблема в зонах Западной Сибири с высокой влажностью зерна.

Исследованиями Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ) СФНЦА РАН установлено, что для существенного снижения затрат труда и средств целесообразно непосредственно в уборочный период товарное зерно доводить за один пропуск через ЗСК до реализационных кондиций, семенное зерно – до норм посевного стандарта [5, 6]. Это может быть осуществлено за счет применения поточных способов работ, универсальных зерноочистительных машин, качественной предвари-

тельной очистки зерна, резервирования его в операционных емкостях. Исходя из указанных предпосылок в СибИМЭ СФНЦА РАН предложено три варианта ресурсосберегающих технологий послеуборочной обработки зерна и семян: с резервированием зерна на крытой площадке, с резервированием в силосе, поточная технология. Для реализации этих технологий применительно к зонам Сибири с максимальной влажностью зерна до 21% разработаны технологические схемы типовых универсальных ЗСК, проведена технико-экономическая оценка и определены граничные условия их применения [6]. Комплексы обеспечивают послеуборочную обработку зерна различного назначения и состояния.

Цель работы – обосновать применение типовых универсальных зерноочистительно-сушильных комплексов для сельскохозяйственных предприятий в зонах Западной Сибири с высокой влажностью зерна.

Задачами исследования предусматривались уточнение условий послеуборочной обработки зерна, разработка технологических схем ЗСК для этих зон, определение показателей эффективности вариантов комплексов и граничных условий их применения.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2016, 2017 гг. Объект исследований – технологические процессы послеуборочной обработки зерна и семян на сельскохозяйственных предприятиях в зонах Западной Сибири с высокой влажностью зерна.

При уточнении условий послеуборочной обработки зерна и семян использованы результаты ранее выполненных исследований [5, 6]. Разработку вариантов технологических схем и компоновки ЗСК осуществляли на основе исходных требований на базовые технологические операции в растениеводстве [7], анализа литературных источников, патентов, передового опыта сельскохозяйственных предприятий. Технические средства для реализации рассматриваемых вариантов технологий выбирали по техни-

ческим характеристикам из имеющихся каталогов [8], проспектов машин и оборудования отечественных машиностроительных предприятий и зарубежных фирм с учетом соответствия этих характеристик исходным требованиям.

Оценку эффективности зерноочистительно-сушильных комплексов осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 53056–2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [9]. Определяли следующие показатели: затраты труда, чел. ч/т; эксплуатационные затраты, р./т; удельные капиталовложения, р./т. Исходные данные для расчета принимали по каталогам машин и оборудования, нормативно-справочным материалам [10], проспектам, прайс-листам предприятий-поставщиков и другим источникам. Технико-экономические показатели ЗСК рассчитывали исходя из объемов обработки товарного зерна и обработки семенного зерна за весь сезон.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Условия послеуборочной обработки зерна на сельскохозяйственных предприятиях характеризуются его состоянием, объемами и интенсивностью поступления с полей, уровнем финансовых, трудовых и других ресурсов. Основным фактором, определяющим технологические схемы обработки зерна, является его влажность. В Западной Сибири по природно-климатическим характеристикам [11–15] нами выделены две группы зон (с максимальной возможной влажностью соответственно до 21% и выше 21%). К первой группе зон относятся степная, южная лесостепная зоны, южная часть северной лесостепной зоны низменности и часть лесостепной зоны предгорий, ко второй – северная часть северной лесостепи низменности, часть лесостепи предгорий, таежно-подтаежные зоны низменности и предгорий. Зоны второй группы являются зонами с высокой влажностью зерна. Здесь с полей поступает в основном влажное зерно. Часть его может быть с влажностью до 21%, остальное зерно с высокой влажностью

тью. Таким образом, ЗСК в зонах с высокой влажностью зерна должны обеспечивать возможность как однократной, так и двукратной сушки зерна. Для этого их необходимо оснащать двумя сушилками или одной сушилкой с двумя шахтами с возможностью их параллельной или последовательной работы.

Исходя из объемов обработки зерна на сельскохозяйственных предприятиях и производительности имеющихся на рынке машин для зон с высокой влажностью зерна определены три типоразмера ЗСК с суточной производительностью 100, 200 и 400 т. Сезонные объемы обработки зерна на этих комплексах составляют соответственно 1–2, 2–4 и 4–8 тыс. т. Каждый типовой ЗСК предназначается для выполнения какой-либо одной из трех, указанных выше, технологий послеуборочной обработки зерна. С целью определения рациональных типовых ЗСК для каждого сочетания условий необходимо было провести технико-экономическую оценку вариантов комплексов, реализующих эти технологии.

На рис. 1–3 представлены схемы предполагаемых для этих зон технологий послеуборочной обработки влажного зерна: с резервированием его на площадке, с резервированием в операционном силосе и поточная схема. Для товарного зерна в зависимости от его влажности предусматривается одно- или двукратная сушка. Семенное зерно предполагается убирать с влажностью до 18%, поэтому для него предусматривается только однократная сушка. Сплошными стрелками на схемах показано движение товарного зерна при однократной сушке, штриховыми – его движение при двукратной сушке, пунктирными – движение семенного зерна. Утолщенными стрелками отображена обработка зерна в дневное время, тонкими – в ночное.

По первому варианту (см. рис. 1) при влажности поступающего с полей товарного зерна до 21% обработка его осуществляется поточным способом, ЗСК работает в одну смену. Все зерно выгружается из транспортных средств в приемный бункер и подается в машину предварительной

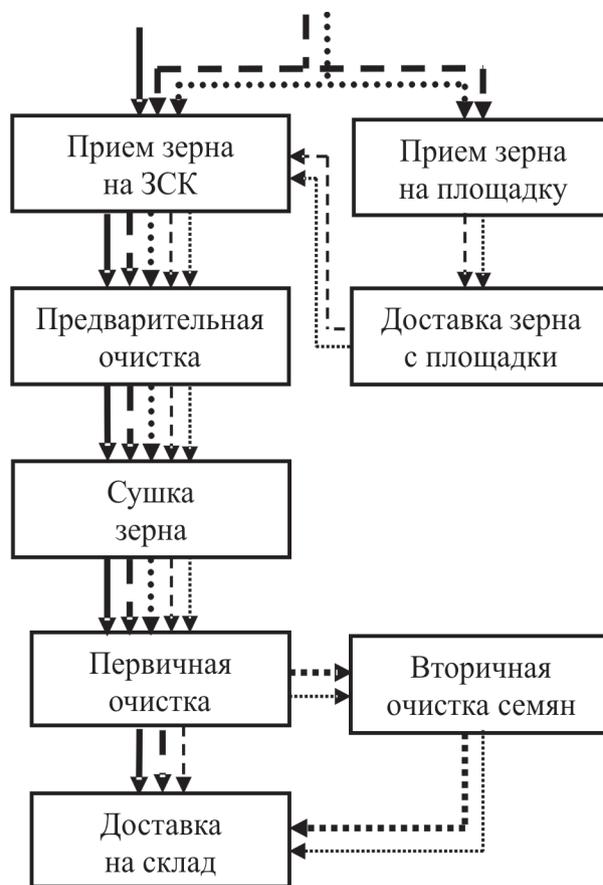


Рис. 1. Схема технологии с резервированием зерна на площадке

Fig. 1. Technological scheme by which grain is reserved at the processing ground

очистки. Затем оно направляется двумя параллельными потоками на сушку, проходит однократную сушку, после нее подается в универсальную воздушно-решетную машину первичной очистки, далее поступает в бункер-накопитель и из него автомобилем транспортируется на склад. При влажности товарного зерна выше 21% ЗСК работает в две смены.

При этом одна часть поступающего с полей зерна выгружается из транспортных средств в приемный бункер, другая – на крытую площадку. Из приемного бункера зерно подается в машину предварительной очистки. После нее оно поступает на сушку, проходит последовательно двукратную сушку, после подается в универсальную машину первичной очистки, далее поступает в бункер-накопитель и из него автомобилем транспортируется на склад. Другая часть зерна (с крытой площадки) в ночное время

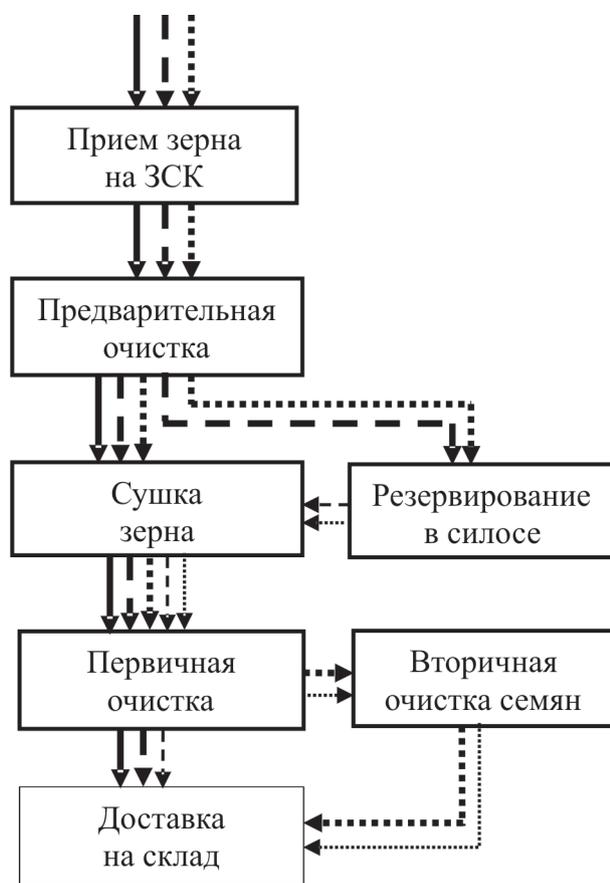


Рис. 2. Схема технологии с резервированием зерна в силосе

Fig. 2. Technological scheme by which grain is reserved in the silo

автомобилем доставляется в приемный бункер, далее процесс обработки осуществляется так же, как в дневное время.

Семенное зерно обрабатывают на комплексе в две смены. При этом одна часть поступающего с полей зерна выгружается из транспортных средств в приемный бункер, другая – на крытую площадку. Из приемного бункера зерно подается в машину предварительной очистки, после нее направляется двумя параллельными потоками на сушку, проходит однократную сушку, затем подается в универсальную воздушно-решетную машину первичной очистки, где осуществляется его обработка в семенном режиме. Если требуется очистка семян от трудноотделяемых примесей, то после первичной очистки семена подаются в триерный блок и далее в пневматический сортировщик. Очищенные семена поступают в соответствующий

бункер-накопитель и из него автомобилем транспортируются на склад. Другую часть семенного зерна (с крытой площадки) в ночное время автомобилем доставляют в приемный бункер, далее процесс обработки осуществляется так же, как в дневное время.

По второму варианту (см. рис. 2) все поступающее с полей товарное зерно выгружается из транспортных средств в приемный бункер и подается на предварительную очистку. После нее обработка товарного зерна с влажностью до 21% осуществляется так же, как по первому варианту. Если на комплекс поступает товарное зерно с влажностью выше 21%, то после предварительной очистки одна часть его подается на сушку, другая – в операционный силос. Первая часть проходит двукратную сушку и подается в машину первичной очистки. Зерно из операционного силоса подается на двукратную сушку в ночное время, далее проходит первичную очистку. После нее зерно поступает в бункер-накопитель и оттуда автомобилем транспортируется на склад. При обработке семенного зерна после предварительной очистки часть его проходит сушку и далее первичную очистку в семенном режиме, другая – подается в операционный силос и проходит сушку и первичную очистку в семенном режиме в ночное время. Если требуется очистка семян от трудноотделяемых примесей, то после первичной очистки они сразу же подаются в триерный блок и далее в пневматический сортировщик. По третьему варианту (см. рис. 3) все товарное и семенное зерно сразу проходит полную обработку поточным способом в одну смену и транспортируется автомобилем на склад.

На рис. 4 представлены полученные зависимости удельных затрат труда, эксплуатационных затрат и капитальных вложений от суточной производительности зерноочистительно-сушильных комплексов. На графиках сплошной линией отображены показатели ЗСК, реализующие технологическую схему обработки зерна с резервированием его на крытой площадке, штриховой – показатели ЗСК с резервированием зерна в операционном силосе, штрихпунк-

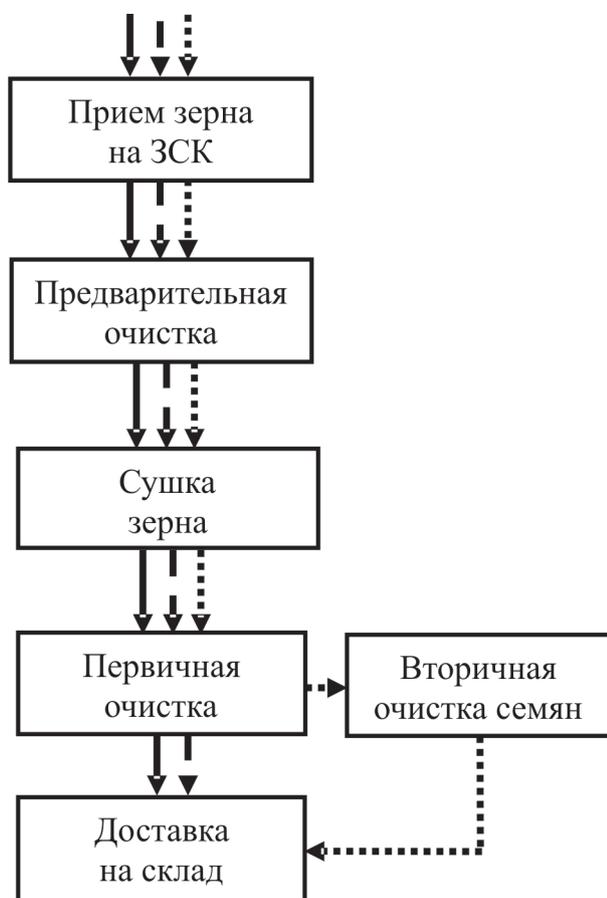


Рис. 3. Схема поточной технологии обработки зерна
 Fig. 3. Scheme of the flow line technology of grain processing

тирной – показатели ЗСК с поточной схемой обработки зерна. Графики показывают, что выбор той или иной технологической схемы ЗСК конкретного типоразмера будет определяться в основном уровнями имеющихся на сельскохозяйственном предприятии финансовых или трудовых ресурсов. На комплексах с производительностью 100 т/сут по эксплуатационным затратам предпочтительна обработка зерна поточным способом, при этом требуются дополнительные капитальные вложения. Для комплексов с производительностью 200 и 400 т/сут наиболее эффективен вариант обработки зерна с резервированием его в операционном силосе. Если на предприятии дефицит финансовых ресурсов, то при достаточном количестве работников оно может применить схему обработки зерна с резервированием его на площадке. Наилучшие показатели

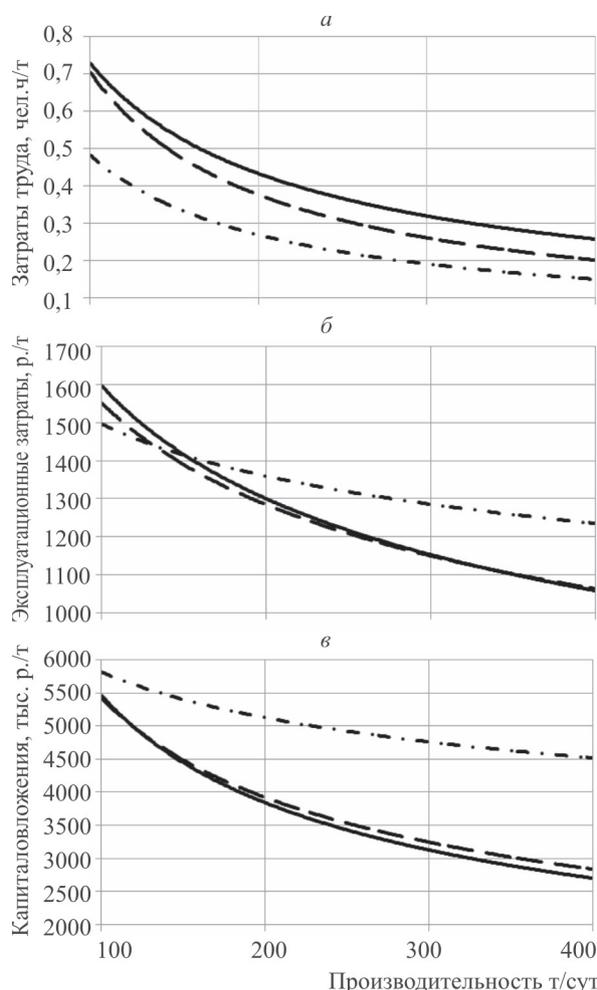


Рис. 4. Зависимость удельных затрат труда (а), эксплуатационных затрат (б) и капитальных вложений (в) от суточной производительности ЗСК
 Fig. 4. Dependence of unit labor costs (а), operational costs (б) and capital investments (в) on daily capacity of grain cleaning-and-drying unit

обеспечиваются на комплексах с большей суточной производительностью. Эксплуатационные издержки, затраты труда и удельные капитальные вложения на комплексах производительностью 800 т/сут примерно в 2 раза меньше, чем на комплексах с производительностью 100 т/сут.

ВЫВОДЫ

1. Уточнены условия послеуборочной обработки зерна в зонах Западной Сибири с высокой его влажностью. К этим зонам относятся часть северной лесостепи низменности, лесостепи предгорий, таежно-подтаежные зоны низменности и предгорий. В данных зонах ЗСК должны обеспечивать

возможность как одно-, так и двукратной сушки. Для этого комплексы необходимо оснащать двумя сушилками или одной сушилкой с двумя шахтами с возможностью их параллельной или последовательной работы. Определены три типоразмера ЗСК с суточной производительностью соответственно 100, 200 и 400 т.

2. Разработаны альтернативные варианты технологических схем ЗСК, проведена технико-экономическая оценка и определены граничные условия их применения. Установлено, что выбор той или иной технологической схемы ЗСК конкретного типоразмера будет определяться в основном уровнями имеющихся на сельскохозяйственном предприятии финансовых или трудовых ресурсов. На комплексах с производительностью 100 т/сут по эксплуатационным затратам предпочтительна обработка зерна поточным способом, при этом требуются некоторые дополнительные капитальные вложения. Для комплексов с производительностью 200 и 400 т/сут наиболее эффективен вариант обработки зерна с резервированием его в операционном силосе. Лучшие технико-экономические показатели обеспечиваются на комплексах с большей суточной производительностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Атаназевич В.И.** Сушка зерна. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 480 с.
2. **Олейников В.Д., Кузнецов В.В., Гозман Г.И.** Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна. – М.: Колос, 1977. – 112 с.
3. **Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др.** Уборка и послеуборочная обработка зерна в экстремальных условиях Сибири. – М.: Росинформагротех, 2011. – 176 с.
4. **Иванов Н.М., Сеницын В.А., Климоков А.И. и др.** Механизация процессов послеуборочной обработки зерна в Новосибирской области: рекомендации. – Новосибирск, 2002. – 126 с.
5. **Торопов В.Р.** Выбор технологических схем зерноочистительно-сушильных комплексов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 2. – С. 83–89.
6. **Торопов В.Р.** Оценка эффективности универсальных зерноочистительно-сушильных комплексов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2017. – № 2. – С. 97–104.
7. **Исходные** требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. – М.: Росинформагротех, 2005. – 272 с.
8. **Гольдяпин В.Я.** Машины и оборудование для производства и послеуборочной обработки зерна: кат. – М.: Росинформагротех, 2013. – 204 с.
9. **ГОСТ Р 53056–2008.** Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20 с.
10. **Нормативно-справочный** материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники. – М.: АгроНИИТО, 1988. – 202 с.
11. **Докин Б.Д., Губаренко В.Г., Аферина А.Е. и др.** Система машин для комплексной механизации растениеводства в Сибири на 1981–1985 годы: метод. реком. СибИМЭ. – Новосибирск, 1982. – 358 с.
12. **Чепурин Г.Е.** Инженерно-техническое обеспечение процесса уборки зерновых культур в экстремальных условиях. – Новосибирск, 2000. – 228 с.
13. **Максимчук В.К., Сабашкин В.А.** Разработка метода определения влажности зерна в зависимости от погодных условий // Исследование процессов уборки и послеуборочной обработки зерна: науч.-техн. бюл. СибИМЭ. – Новосибирск, 1977. – С. 7–12.
14. **Максимчук В.К., Сабашкин В.А., Тесленко В.Н.** Обоснование потребности Новосибирской области в машинах для послеуборочной обработки зерна: метод. реком. – Новосибирск, 1980. – 38 с.
15. **Максимчук В.К., Сабашкин В.А., Тесленко В.Н.** Расчет потребности в зерноочистительно-сушильной технике // Индустриальные технологии и средства комплексной механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Новосибирск, 1981. – С. 43–47.

REFERENCES

1. **Atanazevich V.I.** Sushka zerna. – M.: DeLi print, 2007. – 480 s.
2. **Oleinikov V.D., Kuznetsov V.V., Gozman G.I.** Agregaty i kompleksy dlya posleuborochnoi obrabotki zerna. – M.: Kolos, 1977. – 112 s.
3. **Chepurin G.E., Ivanov N.M., Kuznetsov A.V. i dr.** Uborka i posleuborochnaya ob-

- rabotka zerna v ekstremal'nykh usloviyakh Sibiri. – M.: Rosinformagrotekh, 2011. – 176 s.
4. **Ivanov N.M., Sinitsyn V.A., Klimok A.I. i dr.** Mekhanizatsiya protsessov posleuborochnoi obrabotki zerna v Novosibirskoi oblasti: rekomendatsii. – Novosibirsk, 2002. – 126 s.
 5. **Toropov V.R.** Vybor tekhnologicheskikh skhem zernoochistitel'no-sushil'nykh kompleksov // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – № 2. – S. 83–89.
 6. **Toropov V.R.** Otsenka effektivnosti universal'nykh zernoochistitel'no-sushil'nykh kompleksov // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2017. – № 2. – S. 97–104.
 7. **Iskhodnye** trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v rasteniyevodstve. – M.: Rosinformagrotekh, 2005. – 272 s.
 8. **Gol'tyapin V.Ya.** Mashiny i oborudovanie dlya proizvodstva i posleuborochnoi obrabotki zerna: kat. – M.: Rosinformagrotekh, 2013. – 204 s.
 9. **GOST R 53056–2008.** Tekhnika sel'skokhozyaistvennaya. Metody ekonomicheskoi otsenki. – M.: Standartinform, 2009. – 20 s.
 10. **Normativno-spravochnyi** material dlya ekonomicheskoi otsenki sel'skokhozyaistvennoi tekhniki. – M.: AgroNIITO, 1988. – 202 s.
 11. **Dokin B.D., Gubarenko V.G., Aferina A.E. i dr.** Sistema mashin dlya kompleksnoi mekhanizatsii rasteniyevodstva v Sibiri na 1981–1985 gody: metod. rekom. SibIME – Novosibirsk, 1982. – 358 s.
 12. **Chepurin G.E.** Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie protsessa uborki zernovykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh. – Novosibirsk, 2000. – 228 s.
 13. **Maksimchuk V.K., Sabashkin V.A.** Razrabotka metoda opredeleniya vlazhnosti zerna v zavisimosti ot pogodnykh uslovii // Issledovanie protsessov uborki i posleuborochnoi obrabotki zerna: nauch.-tekhn. byul. SibIME – Novosibirsk, 1977. – S. 7–12.
 14. **Maksimchuk V.K., Sabashkin V.A., Teslenko V.N.** Obosnovanie potrebnosti Novosibirskoi oblasti v mashinakh dlya posleuborochnoi obrabotki zerna: metod. rekom. – Novosibirsk, 1980. – 38 s.
 15. **Maksimchuk V.K., Sabashkin V.A., Teslenko V.N.** Raschet potrebnosti v zernoochistitel'no-sushil'noi tekhnike // Industrial'nye tekhnologii i sredstva kompleksnoi mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva : sb. nauch. tr. – Novosibirsk, 1981. – S. 43–47.

THE CHOICE OF GRAIN CLEANING-AND-DRYING UNITS IN AREAS WITH HIGH GRAIN HUMIDITY

**V. A. SABASHKIN, Candidate of Science in Engineering, Head of Laboratory,
V. TOROPOV, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher**

*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia
e-mail: sibime@ngs.ru*

Grain cleaning-and-drying units for agricultural enterprises in the zones of Western Siberia with high grain humidity are substantiated. Such zones include part of the Northern forest-steppe lowlands, part of the forest-steppe foothills, taiga and subtaiga zones of lowlands and foothills. Grain cleaning-and-drying systems in these zones should provide the possibility of both single and double drying of grain. In order to achieve this, they are recommended to be equipped with two dryers or one dryer with two shafts with the possibility of parallel or sequential operation. Three sizes of systems have been identified with the daily capacity of 100, 200 and 400 tons. Alternative versions of technological schemes of the units have been developed, technical and economic evaluation carried out and the boundary conditions of their application defined. It has been established that the choice of the unit will be mainly determined by the level of financial or labor resources available. In the units with the capacity of 100 tons/day, the preferable way of grain handling is by the flow line method, which requires some additional capital investment. For the units with the capacity of 200 and 400 tons/day, the most effective option is grain processing and reserving it in the operating silo. The best technical and economic performance is achieved by units with a higher daily capacity.

Key words: post-harvest grain processing, grain cleaning-and-drying units, technological schemes, technical and economic performance, boundary conditions

Поступила в редакцию 24.03.2018