

Литература

1. Чеботарев, В. П. Классификация пневмосепарирующих систем современных технических средств для очистки зерна / В. П. Чеботарев, А. А. Князев, П. М. Немцев // Современная с.-х. техника: исследование, проектирование, применение: материалы междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. – Минск: БГАТУ, 2010. – Ч. 1. – С. 6–8.
2. Чеботарев, В. П. Состояние и анализ основных тенденций совершенствования пневмосистем зерноочистительных машин для выделения легких примесей / В. П. Чеботарев, И. В. Барановский, Е. Л. Жилич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–23 октября 2014 г.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 86–90.
3. Shedd, C. K. Resistance of grain and seeds to air flow / C. K. Shedd // Agricultural Engineering. – 1953. – № 9 (34). – Pp. 616–621.
4. Siegel, W. Pneumatische Forderung / W. Siegel // Vogel Fachbuch Verfahrenstechnik. – Vogel Verlag, Wurzburg, 1991. – S. 98–106.
5. Злочевский, В. Л. Сортирование зерновых материалов воздушным потоком / В. Л. Злочевский, В. П. Зайцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – № 1. – С. 22–26.
6. Кожуховский, И. Е. Конструкции, проектирование и расчет зерноочистительных машин / И. Е. Кожуховский. – М., 1963. – 55 с.
7. Чеботарев, В. П. Состояние и перспективные направления развития пневмосистем современных технических средств для очистки зерна и семян / В. П. Чеботарев, П. М. Немцев, А. А. Князев // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–21 октября 2004 г.: в 2 т. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 208–211.
8. Ловкис, В. Б. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий / В. Б. Ловкис, В. А. Колос // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2008. – Т. 1. – С. 13–19.
9. Шило, И. Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства / И. Н. Шило, В. Н. Дашков. – Минск: БГАТУ, 2003. – 183 с.

УДК 631.365

Поступила в редакцию 30.06.2017

Received 30.06.2017

В. П. Чеботарев

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: v.p.chebotarev@tut.by*

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В статье приводятся результаты выполненных исследований по обоснованию выбора производительности зерноочистительно-сушильного комплекса. Потребность сельскохозяйственных предприятий в зерноочистительно-сушильных мощностях определяют валовые сборы зерна и агротехнические сроки уборки. Чтобы одновременно и без потерь обрабатывать зерно разных культур и назначения (фуражное или семенное), хозяйства должны иметь комплекс с двумя-тремя технологическими линиями: высокой производительности для обработки зерна валобразующих культур (ржи, ячменя, пшеницы и тритикале), средней производительности на базе установок досушивания и режимного хранения зерна, а также передвижные зерносушилки как вспомогательные к основному оборудованию.

Ключевые слова: зерноочистительно-сушильный комплекс, технологическая линия, вентилируемый бункер, зерноуборочный комбайн, зерносушилка, зерноочистительная машина.

V. P. Chebotarev

*Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: v.p.chebotarev@tut.by*

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF GRAIN CLEANING AND DRYING COMPLEX

The article presents the results of studies carried out to justify the choice of grain cleaning and drying complex productivity. The need of agricultural enterprises in grain cleaning and drying capacities determines the gross harvest of grain and agrotechnical terms of harvesting. In order to simultaneously process grain of different

cultures and purposes (forage or seed) at the same time, farms should have a complex with two or three technological lines high productivity for processing grain of gross – forming crops (rye, barley, wheat and triticale), average productivity on the basis of plants drying and regime storage of grain, as well as mobile grain dryers as auxiliary to the main equipment.

Keywords: grain cleaning – drying complex, processing line, ventilated bunker, combine harvester, grain dryer, grain cleaner.

Введение

Важным условием стабильной работы зерноочистительно-сушильного комплекса является соответствие производительностей входящих в его состав машин. При этом вследствие существенного изменения в процессе уборки засоренности, влажности и видового состава обрабатываемого зернового вороха процессы транспортирования, предварительной очистки и сушки всегда значительно отличаются по производительности [1–3]. Поэтому для обеспечения совместной стабильной и равномерной работы всех машин в технологической линии между ними необходимо предусматривать дополнительные устройства, компенсирующие возникающие рассогласования производительности и нарушения поточности обработки поступающего комбайнового вороха.

Основная часть

Для своевременного выполнения технологических операций по послеуборочной обработке зерна большое значение имеет комплексная механизация и автоматизация этих работ на основе применения наиболее прогрессивной в технико-экономическом отношении организации производственного процесса поточной технологии. Поточная технология послеуборочной обработки зерна, осуществляемая с помощью зерноочистительно-сушильного комплекса, характеризуется непрерывностью технологического процесса, строгой последовательностью всех его технологических операций и наиболее короткими по времени и в пространстве циклами работ. Поточная технологическая линия представляет собой комплекс машин и оборудования, предназначенных для выгрузки зерна из транспортных средств, перемещения, очистки и сортирования зерновой массы, сушки, загрузки в емкости для хранения.

Разработка технологии послеуборочной обработки зерна и определение основных параметров зерноочистительно-сушильного комплекса основывается на следующих основных показателях:

- количестве и очередности поступления зерновой массы различных культур;
- назначении и интенсивности поступления зернового материала;
- влажности и засоренности поступающего зернового вороха.

Последующая разработка оптимальных режимов поточной послеуборочной обработки зерна основывается на подробном изучении всех процессов жизнедеятельности зерна в зависимости от воздействия внешних и внутренних факторов.

Поточные технологические линии для послеуборочной обработки зерна и семян подразделяются на зерноочистительные агрегаты и зерноочистительно-сушильные комплексы. В СССР промышленностью выпускались зерноочистительные агрегаты ЗАВ-10, ЗАВ-20, ЗАВ-40 производительностью соответственно 10, 20 и 40 *т/ч*. Эти агрегаты производили послеуборочную обработку (без сушки) зерновых, зернобобовых и крупяных культур с доведением продовольственного зерна до базисных кондиций за один проход. Кроме того, выпускались также зерноочистительно-сушильные комплексы КЗС-10Б, КЗС-10Б2 (все с барабанными сушилками), КЗС-10Ш и КЗС-40 с шахтной сушилкой. При повышении влажности убираемого материала фактическая производительность комплексов существенно снижалась. Все выпускавшиеся поточные технологические линии были универсальны. Их машины имели достаточные пределы регулировок и наборы сменных рабочих органов, обеспечивавших обработку указанных культур. Принципиальная технологическая схема применяемых поточных линий приема и послеуборочной обработки зерна представлена на рисунке 1.

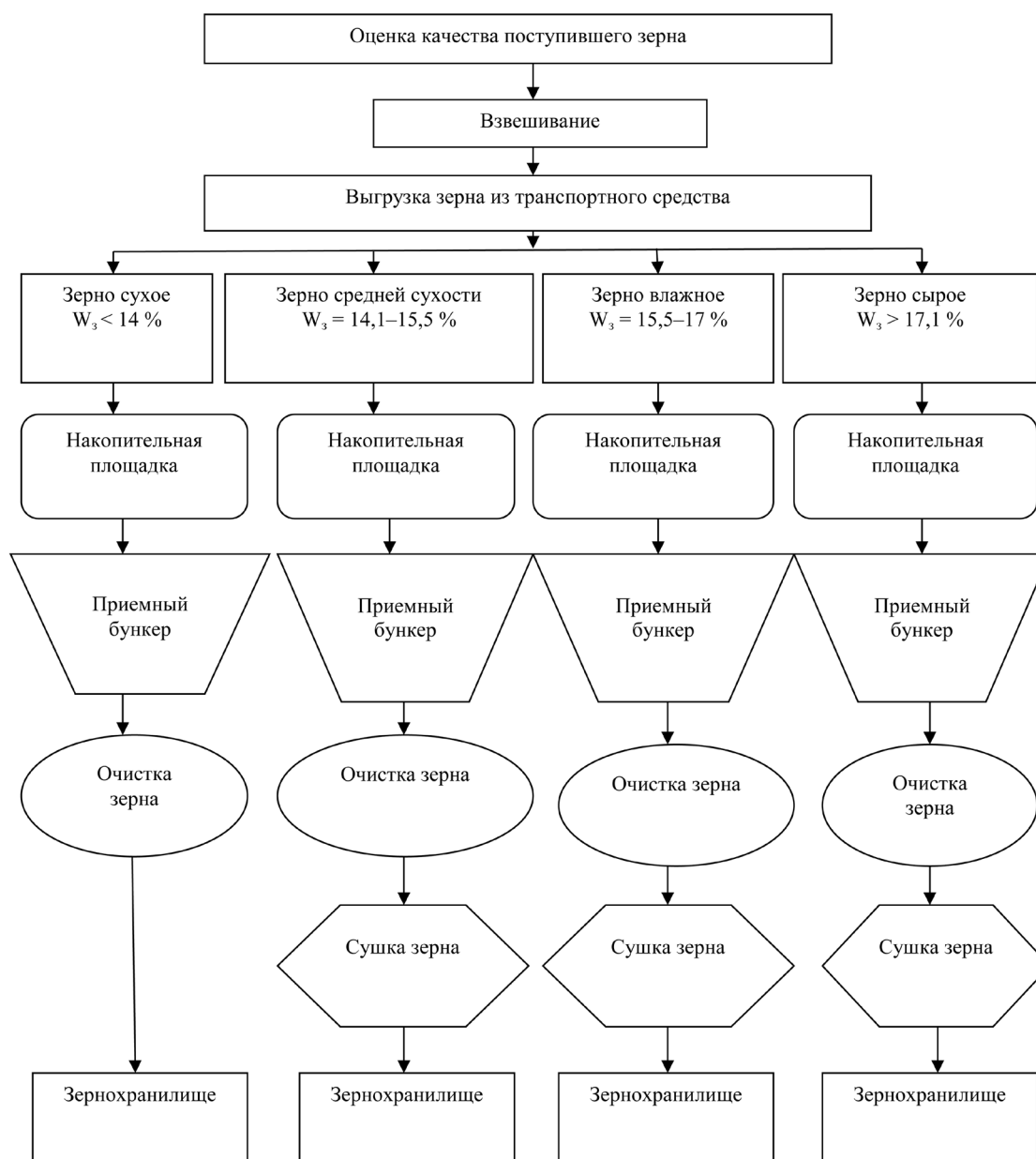


Рисунок 1. – Принципиальная схема применяемых поточных линий приема и послеуборочной обработки зерна

Применение вентилируемых бункеров ОБВ-100 позволяло решать вопрос о некотором сьеме влаги и временном хранении зерна и семян без ухудшения их свойств. Использование ОБВ-100 расширяло возможности комплексов по приемке и обработке семян различных культур повышенной влажности при их неравномерном поступлении на комплекс. Агрегаты и комплексы производительностью 5 *t/ч* предназначались для использования в хозяйствах или их подразделениях с годовым объемом производства зерна до 1500 *t*, агрегаты и комплексы производительностью 10 *t/ч* – до 3000 *t*, агрегаты и комплексы производительностью 20 *t/ч* – до 5000 *t*, производительностью 40 *t/ч* – более 5000 *t*.

Основное значение при проектировании поточных технологических линий для послеуборочной обработки зерна имеют показатели экономической эффективности в зависимости от производительности, набора и размещения входящих в их состав машин [1].

Кроме того, следует учитывать не только сложившиеся в хозяйстве конкретные условия (валовой сбор зерна, продолжительность уборки, размеры и расположение полей, состояние дорог),

но и перспективу развития хозяйства. Производительность и место расположения поточной линии определяются сочетанием значительного числа различных факторов.

Выбор типа линии определяется количеством и назначением обрабатываемого зерна и его физико-механическими свойствами (влажность, засоренность). Количественные и качественные показатели потока зернового вороха зависят от многочисленных факторов: уровня агротехники, почвенно-климатических условий, температуры и влажности воздуха, количества осадков, спелости хлебов, продолжительности суточной работы комбайнов, физического состояния комбайнов и правильности регулировок их рабочих органов к данным условиям уборки [2, 3]. Кроме того, все эти факторы изменяются в течение суток и всего сезона уборки. При этом если выбранная линия позволяет получить наилучшие показатели работы по выбранному критерию эффективности при обеспечении значений остальных критериев в заданных параметрах, то она оптимальна по данному критерию. Этот критерий формируется на основе показателей качества обработки зерна, количества получаемой продукции, при заданном поступлении – ее потеря, а также затрат труда и средств на обработку и хранение [4–6]. Всякое снижение качества зерна относительно значений, требуемых потребителями (семеноводство, пищевая промышленность, кормопроизводство), должно соответствующим образом вызывать изменение критерия эффективности, пропорциональное потерям, которые несет потребитель.

Для существенного повышения эффективности работы поточных технологических линий на основе проведенных теоретических исследований процессов очистки и сушки зерновой массы предложено внести ряд значительных новшеств. Разработанная принципиальная схема поточных линий приема и послеуборочной обработки зерна представлена на рисунке 2. В разработанных поточных линиях предложено технологическую операцию предварительной очистки осуществлять не по общепринятой схеме: воздушная очистка – решетная очистка – воздушная очистка, а по схеме: решетная очистка – воздушная очистка – решетная очистка.

При этом в поточных линиях при обработке зерна влажностью выше 14 % включена технологическая операция низкотемпературного досушивания. Причем при обработке зерна средней сухости влажностью 14,1–15,5 % технологическая операция сушки заменена низкотемпературным досушиванием. При обработке влажного и сырого зерна технологическая операция сушки зерна дополнена низкотемпературным досушиванием. При высушивании зерна в зерносушилке до влажности 15,5...16 % необходимо переходить к низкотемпературному досушиванию. В целях энергосбережения технологическую операцию низкотемпературного досушивания целесообразно совместить с охлаждением зерна после сушки и проводить ее в отдельном сушильном модуле. Кроме того, линии оснащаются компенсирующими емкостями между очистительным и сушильным отделениями. Одновременно компенсирующие емкости оснащены системами вентилирования, позволяющими производить как временное хранение, так и досушивание зерновой массы. Структура технологических отделений как основы зерноочистительно-сушильного комплекса должна в определенных пределах варьироваться [5, 6]. Так, например, количество приемных отделений и отделений предварительной очистки может быть больше количества сушильных отделений. Это позволит максимально использовать машины и оборудование комплекса, создавать многопоточность и реверсирование отдельных зерновых потоков, если можно будет подавать зерно из любого приемного отделения в одно из отделений временного хранения или в сушильное отделение. Однако это значительно усложнит транспортные потоки на зерноочистительно-сушильном комплексе. Наиболее существенное взаимное влияние оказывают технологические отделения, располагающиеся непосредственно друг за другом по общему технологическому процессу. Вместимость бункера и производительность транспортирующего устройства приемного отделения определяют производительность машины предварительной очистки очистительного отделения. Производительность зерносушилки существенно зависит от работы машины предварительной очистки зерноочистительного отделения. Возможная вместимость приемного отделения определяется числом и производительностью имеющихся зерносушилок. Таким образом, подтверждается то, что в целом работа зерноочистительно-сушильного комплекса зависит от эффективности взаимодействия и взаимной работы машин и оборудования входящих в него отделений.

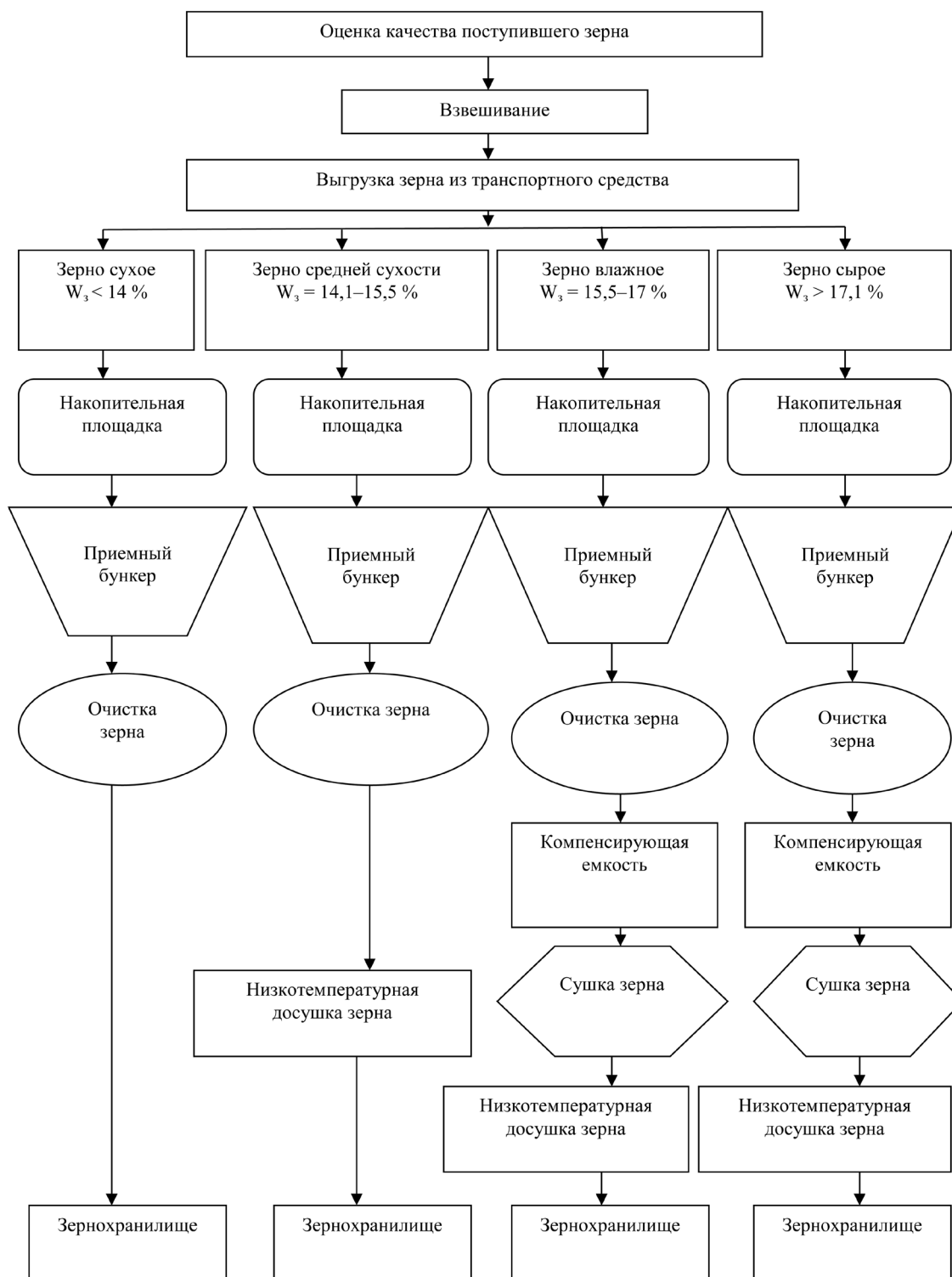


Рисунок 2. – Принципиальная схема разработанных поточных линий приема и послуборочной обработки зерна

Для того чтобы в наибольшей степени учесть особенности работы каждого отделения, целесообразно последовательно теоретически исследовать взаимодействие каждой пары соседних или смежных отделений комплекса, исходя из условия, что остальные работают в оптимальном режиме и не ограничивают работу исследуемых отделений.

При выборе оптимального соотношения параметров исследуемых машин и оборудования в выбранной паре отделений необходимо установить, в какой степени изменяются параметры

потока обрабатываемого зерна, как это может влиять на работу предыдущих и последующих отделений и на работу зерноочистительно-сушильного комплекса в целом. Число одновременно убираемых культур, количество зерна каждой культуры и его влажность во время уборки следует учитывать при определении необходимого числа поточных линий в составе пункта обработки зерна.

Все ежесуточно намолачиваемое зерноуборочными комбайнами зерно должно пройти обработку на зерноочистительно-сушильных комплексах. Среднегодовой валовой бункерный урожай зерна в хозяйстве, подлежащий обработке на зерноочистительно-сушильном комплексе, будет равен

$$Q_{\text{вал}} = k_y k_z k_w \sum_1^n q_i S_i, \quad (1)$$

где $Q_{\text{вал}}$ – валовой бункерный сезонный намолот зерна, t ;

q_i – плановая урожайность i -ой культуры, $t/га$;

S_i – посевная площадь i -ой культуры, $га$;

n – число выращиваемых сельскохозяйственных культур, подлежащих уборке;

$k_y k_z k_w$ – безразмерные коэффициенты, определяющие колебания урожайности, засоренности и влажности бункерного зерна.

Урожайность и валовой сбор зерна определяются в базисных кондициях по влажности и засоренности. От комбайнов, как правило, поступает зерновой ворох с большей влажностью и засоренностью. В связи с тем, что производительность машин для послеуборочной обработки зерна определяется количеством исходного материала, обработанного в единицу времени, сезонная нагрузка, равная физической (бункерной) массе зернового вороха, поступающей на зерноочистительно-сушильный комплекс, определяется с учетом действительной влажности. Изменение физико-механических свойств зернового материала определенным образом влияет на качество работы зерноочистительных машин и их производительность. Изменение влажности и засоренности вызывает изменение истечения зерна из-под заслонок норий и бункеров и при его влажности выше 16 % влияет на скорость перемещения. Производительность с каждым 1 % увеличения влажности снижается в среднем на 5 % [7]. При содержании примесей в исходном материале свыше 10 % производительность зерноочистительных машин снижается на 2 % на каждый процент увеличения примесей. При очистке различных культур производительность зерноочистительных машин также различна.

Для определения необходимой производительности зерноочистительного комплекса должно быть подсчитано суточное поступление зерна на послеуборочную обработку. Этот расчет может быть выполнен на основании статистических данных [6]. При этом среднесуточное поступление зерна можно определить исходя из валового сезонного бункерного намолота зерна, согласно зависимости (1), и сроков уборки:

$$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{вал}} / \tau_y \quad (2)$$

где τ_y – продолжительность уборки, дней.

Среднесуточное поступление зерна также может быть подсчитано по числу и производительности используемых комбайнов. При этом продолжительность сроков выполнения уборочных работ объективно определяется не минимальным, а агротехнически обоснованным временным периодом их проведения с применением экономически целесообразного количества технических средств. В этом случае следует иметь в виду, что как число комбайнов, так и их производительность есть величины переменные, и поэтому суточное поступление зерна за время уборки сильно колеблется. Анализ темпов уборки зерновых и зернобобовых культур в наиболее урожайные 2008 и 2014 годы показывает, что образующийся период массовой уборки характеризуется среднесуточными темпами уборки посевных площадей на уровне 4,0...6,5 %, а с учетом возникающих неблагоприятных для работы комбайнов дней может достигать до 8...10 %. Продолжительность периода массовой уборки составляет в среднем 10...14 календарных дней. При этом за время массовой уборки убирается от 60 до 80 % урожая.

Выбирать производительность зерноочистительно-сушильного комплекса в расчете на обеспечение обработки среднесуточного поступления зерна нельзя, так как в дни, когда поступит большое количество зерна, последнее будет скапливаться на токах. Это вызовет дополнительные затраты времени и средств на его перегрузку и хранение. Зерно с повышенной влажностью может испортиться.

Следовательно, при выборе производительности агрегата необходимо исходить из максимального суточного поступления зерна в период массовой уборки, согласно выражению (2). Эта величина, на основании исследований ряда ученых [7–15], с известной достоверностью может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{сут max}} = (2,5 - 3,5) Q_{\text{сут}} \quad (3)$$

Закладываемый в такой расчет некоторый запас производительности позволяет компенсировать неравномерность поступления зерна как в отдельные дни уборки, так и в пределах дня. Это особенно важно в случаях, когда на послеуборочную обработку поступает сырое зерно. Расчетная часовая производительность зерноочистительно-сушильного комплекса из выражения (3) будет равна:

$$W_p = Q_{\text{сут max}} / \tau_{\text{сут}} K_{\text{см}}, \quad (4)$$

где $\tau_{\text{сут}}$ – суточная продолжительность работы комплекса, ч;
 $K_{\text{см}}$ – коэффициент использования времени смены.

При определении расчетной производительности зерноочистительно-сушильного комплекса, согласно уравнению (4), следует иметь в виду, что во многих случаях агрегатом, ограничивающим производительность комплекса, является зерносушилка.

Найденную таким образом величину расчетной часовой производительности зерноочистительно-сушильного комплекса сопоставляют с паспортной производительностью сушильного отделения комплекса, определенной с учетом предварительной обработки комбайнового вороха на зерноочистительных машинах. Если производительность сушильного отделения окажется меньше, чем величина, определенная расчетом, рассматривается возможность использования в составе комплекса более производительной сушилки или отделения бункеров активного вентилирования. Если по каким-либо причинам этого сделать нельзя, зерноочистительно-сушильный комплекс подбирается по расчету производительности сушильного отделения.

Чтобы одновременно и без потерь сушить зерно разных культур и назначения (фуражное или семенное), хозяйства могут иметь два-три типа зерносушилок: высокой производительности для сушки зерна валобразующих культур (ржи, ячменя, пшеницы и тритикале), средней производительности для сушки зерна меньших объемов других раннеспелых одновременно созревающих культур и семенного зерна, передвижные как вспомогательные к основному оборудованию.

Потребность сельскохозяйственных предприятий в зерноочистительно-сушильных мощностях определяют валовые сборы зерна и агротехнические сроки уборки. В агропромышленном комплексе республики в последние годы сложилась следующая структура сельскохозяйственных предприятий по валовому сбору зерна: 290 (19,8 %) имеют валовой сбор зерна до 3000 тонн, 280 (19,2 %) – от 3000 до 4500 тонн, 261 (17,9 %) – от 4500 до 6000 тонн, 217 (14,9 %) – от 6000 до 8000 тонн, 238 (16,3 %) – от 8000 до 12000 тонн, 94 (6,4 %) – от 12000 до 16000, 34 (2,3 %) – от 16000 до 20000, 19 (1,3 %) – от 20000 до 24000, 16 (1,1 %) – от 24000 до 30000, 5 (0,3 %) – от 30000 до 36000 и 7 (0,5 %) – свыше 36000 тонн.

Возможный фактический обрабатываемый сезонный вал зерна на зерноочистительно-сушильном комплексе заданной производительности определится в соответствии с выражением (1) по следующей зависимости:

$$Q_{\text{вал факт}} = K_3 K_W K_{\text{см}} Q_{\text{сут max}} \tau_y \cdot$$

Сельскохозяйственные предприятия в зависимости от валового сбора зерна должны комплектоваться следующими зерноочистительно-сушильными комплексами (из расчета продол-

жительности уборки в каждом отдельно взятом хозяйстве не более 20 дней): до 3000 тонн – одним комплексом производительностью 15 *пл.м/ч*; от 3000 до 4000 тонн – 20 *пл.м/ч*; от 4000 до 6000 тонн – 30 *пл.м/ч*; от 6000 до 8000 тонн – 40 *пл.м/ч*; от 8000 до 12000 – 60 *пл. м/ч* или двумя комплексами 30 *пл.м/ч*; от 12000 до 16000 – 80 *пл.м/ч* или двумя комплексами 40 *пл.м/ч*, от 16000 до 20000 – 100 *пл.м/ч* или двумя комплексами 60 и 40 *пл.м/ч*; от 20000 до 24000 – двумя комплексами 60 *пл.м/ч*; от 24000 до 30000 – двумя комплексами 80 *пл.м/ч*; от 30000 до 36000 – тремя комплексами 60 *пл.м/ч*; свыше 36000 тонн – двумя комплексами 80 и одним 40 *пл. м/ч*.

Выводы

Таким образом, исходя из распределения хозяйств по валовому сбору зерна, структура парка зерноочистительно-сушильных комплексов в республике должна быть следующей: производительностью 15 *пл. м/ч* – 450 штук (10 %); производительностью 20 *пл. м/ч* – 900 штук (20 %); производительностью 30 *пл. м/ч* – 1350 штук (30 %); производительностью 40 *пл.м/ч* – 1350 штук (30 %); производительностью 60 *пл.м/ч* – 225 штук (5 %) и производительностью 80 и 100 *пл.м/ч* – 225 штук (5 %). В целом по республике оптимальный парк зерноочистительно-сушильных комплексов должен составлять 4500 единиц.

Литература

1. Чеботарев, В. П. Технологические основы и характеристика процессов сепарирования / В. П. Чеботарев, И. В. Барановский, А. В. Новиков // *Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*. – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 123–132.
2. Ekstrom, G. Thermal expansion and tensile properties of corn kernels and their relationship to cracking during drying / G. Ekstrom, J. Liljedahl, R. Peart // *Transactions of the ASAE*. – 1966. – № 9. – Pp. 556–561.
3. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна: учебник / Л. А. Глебов [и др.]. – М.: ДеЛиПринт, 2010. – 696 с.
4. Янко, В. М. Статистический метод расчета производительности машин / В. М. Янко // *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*. – 1969. – № 11. – С. 9–12.
5. Краусп, В. Р. Автоматизация послеуборочной обработки зерна / В. Р. Краусп. – М.: Машиностроение, 1975. – 225 с.
6. Креймерман, Г. И. Технологическое проектирование зернохранилищ / Г. И. Креймерман. – М.: Колос, 1970. – 187 с.
7. Олейников, В. Д. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна / В. Д. Олейников, В. В. Кузнецов, Г. И. Гозман. – М.: Колос, 1977. – 148 с.
8. Павловский, Г. Т. Некоторые вопросы расчета оборудования автоматизированных линий для послеуборочной обработки зерна / Г. Т. Павловский // *Науч.-техн. бюллетень ВИМ*. – М., 1968. – Вып. 3. – С. 79–86.
9. Кропп, Л. И. Оптимизация размещения предприятий для обработки и хранения зерна / Л. И. Кропп // *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*. – 1973. – № 2. – С. 1–23.
10. Кубышев, В. А. Определение требуемого количества машин для обработки зерна на токах / В. А. Кубышев, Ю. В. Панус // *Труды ЧИМЭСХ*. – Челябинск, 1964. – Вып. 14. – С. 53–59.
11. Киреев, М. В. Выбор параметров пунктов послеуборочной обработки зерна / В. М. Киреев // *Записки ЛСХИ*. – Л., 1974. – Т. 231. – С. 17–25.
12. Ловкис, В. Б. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий / В. Б. Ловкис, В. А. Колос // *Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.* – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2008. – Т. 1. – С. 13–19.
13. Шилов, И. Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства / И. Н. Шилов, В. Н. Дашков. – Минск: БГАТУ, 2003. – 183 с.
14. Ловкис, В. Б. Системный подход оценки ресурсоемкости продукции растениеводства / В. Б. Ловкис, В. А. Колос, Ю. Н. Сапьян // *Экологические аспекты производства продукции растениеводства, мобильной энергетики и сельскохозяйственных машин*. – СПб.: ГНУ СЗНИИМСХ, 2009. – С. 33–40.
15. Колос, В. А. Алгоритмы оценки эффективности производства биотоплива из растительной биомассы / В. А. Колос, Ю. Н. Сапьян // *Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: сб. науч. докл. Междунар. научн.-техн. конф.* – М.: ВИМ, 2011. – Ч. 2. – С. 90–94.