

**В.П. Чеботарев, Н.Д. Лепешкин,
И.В. Барановский, Д.В. Заяц**
(*РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*)

Е.В. Зубенко
(*УО «Марьиногорский государственный
аграрно-технический колледж»
г. Марьина Горка, Республика Беларусь*)

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНОГО ОТДЕЛЕНИЯ НА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО- СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Введение

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. 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 [1, 2]. Производительность и место расположения поточной линии определяются сочетанием значительного числа различных факторов. Выбор типа линии обусловлен количеством и назначением обрабатываемого зерна и его физико-механическими свойствами (влажностью, засоренностью). Одним из основных составляющих элементов поточной технологической линии является приемное отделение, которое обычно определяет режим работы всего комплекса.

Основная часть

Среднесуточное поступление зерна может быть подсчитано исходя из числа и производительности используемых комбайнов. В этом случае следует иметь в виду, что как число комбайнов, так и их производительность есть величины переменные, поэтому суточное поступление зерна за время уборки сильно колеблется. Выбирать производительность зерноочистительно-сушильного комплекса в расчете на обеспечение обработки среднедневного 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. Эта величина на основании исследований ряда ученых [3, 4] с известной достоверностью может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{сут max}} = (2,5 - 3,5) Q_{\text{сут}}. \quad (1)$$

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 будет равна:

$$W_p = \frac{Q_{\text{сут max}}}{\tau_{\text{сут}} K_{\text{см}}}, \quad (2)$$

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

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

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 валообразующих 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 выражениями (1), (2) по следующей зависимости:

$$Q_{\text{вал факт}} = K_3 K_W K_{\text{см}} Q_{\text{сут max}} \tau_y, \quad (3)$$

где K_3, K_W – безразмерные коэффициенты, определяющие колебания засоренности и влажности бункерного зерна;

τ_y – время продолжительности уборки, ч.

Прием зерновой массы с транспортных средств во время уборки, в основном с автомобильного транспорта, является одной из основных операций зерноочистительно-сушильного комплекса. Прием зерна включает выгрузку его из транспортного средства в приемном отделении: в приемный бункер или на накопительную площадку. При полном заполнении приемного бункера выгрузка поступающего зернового вороха осуществляется на накопительной площадке с последующей подачей его в приемный бункер. Приемный бункер должен снабжаться выгрузным устройством для подачи зерновой массы на дальнейшую обработку. Для обеспечения стабильной работы транспортных средств и зерноочистительно-сушильного комплекса выгрузное устройство должно работать с определенной производительностью. Приемное отделение должно обеспечивать следующие производственные требования: быструю разгрузку, полную механизацию разгрузочных работ, небольшое заглубление приемного бункера, минимизацию потерь и травмирования зерна, пожарную и экологическую безопасность. Для исключения влияния погодных условий на процесс разгрузки зерна приемные бункеры строят в закрытых помещениях, а накопительные площадки оборудуют навесами. Приемный бункер выполняется с условием как задней, так и боковой разгрузки. Для приема зерновой массы при полном заполнении приемного бункера приемное отделение оборудуется накопительной площадкой. Размер накопительной площадки определяется исходя из ожидаемого поступления зерновой массы в период уборки урожая с учетом его качества, количества формируемых партий, объемов суточного поступления и производительности зерноочистительно-сушильного комплекса. Размеры накопительной площадки определяются согласно условиям, представленным в таблице 1.

Таблица 1. – Размеры накопительной площадки приемного отделения

Наименование параметра	При ширине площадки, м			
	7	10	14	18
Длина площадки, м	60	60	60	50
Удельная вместимость без ограждающих щитков, m/m^2	1,25	1,25	1,25	1,25
Удельная вместимость с ограждающими щитками, m/m^2	2,5	2,5	2,5	2,5
Вместимость без ограждающих щитков, m	500	700	1000	1100
Вместимость с ограждающими щитками, m	1000	1400	2000	2200

Теоретические и экспериментальные исследования, практическая эксплуатация приемных отделений зерноочистительно-сушильных комплексов показывают, что их емкость и производительность выгрузного устройства существенным образом влияют на производительность всего комплекса [4–7]. Исходным для анализируемой системы является поток зерна с поля. Кроме того, на эффективность работы приемного отделения значительное влияние оказывает целый ряд факторов: вид убираемых культур, влажность и засоренность комбайнового вороха, интенсивность его поступления от комбайнов в течение суток и всего уборочного сезона, погодные условия, организация работы уборочно-транспортного комплекса, сроки уборки. Емкость приемного отделения и производительность зерноочистительно-сушильного комплекса компенсирует, с одной стороны, неравномерность поступления с поля массы убранного комбайнового вороха в течение суток, а с другой стороны, неравномерность темпов послеуборочной обработки: очистки, сушки и сортирования в зависимости от изменяющейся его влажности и засоренности [8]. Таким образом, параметры приемного отделения должны определяться при наличии факторов противоположного действия. Недостаточная вместимость приемного отделения будет приводить к простоем комбайнов и транспортных средств, увеличению потерь зерна от самоосыпания. Применение излишне большой емкости приемного отделения приведет к увеличению срока хранения свежееубранного комбайнового вороха и одновременному снижению качества зерна, недогрузке работы отделения и удорожанию послеуборочной обработки зерна.

Время простоя уборочно-транспортного комплекса $\tau_{\text{УТКост}}$ из-за недостаточной вместимости приемного отделения может быть определено согласно следующему выражению:

$$\tau_{\text{УТКост}} = \tau_{\text{см}} - \frac{V_{\text{по}} \rho_{\text{кв}}}{q_{\text{по}}} \text{ при } V_{\text{по}} < \frac{q_{\text{по}} \tau_{\text{см}}}{\rho_{\text{кв}}}, \quad (4)$$

где $\tau_{\text{см}}$ – продолжительность времени смены, ч;
 $V_{\text{по}}$ – вместимость приемного отделения, m ;
 $q_{\text{по}}$ – производительность выгрузного устройства приемного отделения, $m/ч$;
 $\rho_{\text{кв}}$ – насыпная плотность комбайнового вороха, $кг/м^3$.

В случае если $V_{\text{по}} \geq \frac{q_{\text{по}} \tau_{\text{см}}}{\rho_{\text{кв}}}$, то $\tau_{\text{ост}} = 0$, где $\tau_{\text{ост}}$ – время остановки выгрузного устройства приемного отделения, ч.

Поэтому вместимость приемного отделения может быть рассчитана из выражения (4) согласно следующей зависимости:

$$V_{\text{по}} = \frac{(\tau_{\text{см}} - \tau_{\text{ост}}) q_{\text{по}}}{\rho_{\text{кв}}}. \quad (5)$$

С другой стороны, вместимость приемного отделения должна определяться объемом хлебной массы, поступающей от зерноуборочных комбайнов, согласно условию:

$$V_{\text{по}} \geq \frac{q_{\text{утк}} \tau_{\text{утк}}}{\rho_{\text{кв}}}, \quad (6)$$

где $q_{\text{утк}}$ – производительность уборочно-транспортного комплекса, $m/ч$;
 $\tau_{\text{утк}}$ – продолжительность работы уборочно-транспортного комплекса, $ч$.

Приравнивание правых частей выражений (5) и (6) позволяет установить требуемое соотношение объемов комбайнового вороха, поступающего от уборочно-транспортного комплекса и принимаемого приемным отделением:

$$(\tau_{\text{сут}} - \tau_{\text{ост}}) q_{\text{по}} = q_{\text{утк}} \tau_{\text{утк}}. \quad (7)$$

С другой стороны, бесконечно малое изменение наполненности приемного отделения при его работе за бесконечно малый промежуток времени $d\tau$ может быть описано следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dV_{\text{по}}}{d\tau} = k_{\text{по}} (q_{\text{утк}} - q_{\text{по}} + q_{\text{по ост}}) V_{\text{по}}, \quad (8)$$

где τ – время, $ч$;

$k_{\text{по}}$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от текущих производительностей уборочно-транспортного и зерноочистительно-сушильного комплексов, а также от текущей наполненности приемного отделения, m^{-1} ;

$q_{\text{по ост}}$ – средняя часовая наполненность приемного отделения, $m/ч$.

После преобразования уравнения (8) получается дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными следующего вида:

$$\frac{dV_{\text{по}}}{V_{\text{по}}} = k_{\text{по}} (q_{\text{утк}} - q_{\text{по}} + q_{\text{по ост}}) d\tau. \quad (9)$$

Интегрирование дифференциального уравнения (9) позволяет получить следующее уравнение:

$$\ln V_{\text{по}} = k_{\text{по}} (q_{\text{утк}} - q_{\text{по}} + q_{\text{по ост}}) \tau + C. \quad (10)$$

Значение постоянной интегрирования C определяется путем подстановки в уравнение (10) следующих начальных условий: $\tau = 0$, $V_{\text{по}} = V_{0\text{по}}$, где $V_{0\text{по}}$ – начальная заполненность приемного отделения, m . Оно будет равно: $C = \ln V_{0\text{по}}$.

После подстановки значения постоянной интегрирования в уравнение (10) и соответствующих преобразований решение дифференциального уравнения (8) будет представлено в следующем виде:

$$\ln \frac{V_{\text{по}}}{V_{0\text{по}}} = k_{\text{по}} (q_{\text{утк}} - q_{\text{по}} + q_{\text{по ост}}) \tau, \quad (11)$$

и после потенцирования оно примет вид:

$$\frac{V_{\text{по}}}{V_{0\text{по}}} = e^{k_{\text{по}} (q_{\text{утк}} - q_{\text{по}} + q_{\text{по ост}}) \tau}. \quad (12)$$

Таким образом, вместимость приемного отделения, исходя из условий работы уборочно-транспортного и зерноочистительно-сушильного комплексов, будет определяться согласно следующему выражению:

$$V_{\text{по}} = V_{0\text{по}} e^{k_{\text{по}} (q_{\text{утк}} - q_{\text{по}} + q_{\text{по ост}}) \tau}. \quad (13)$$

Кроме того, анализ хода уборки урожая в республике в 2005–2008 годах показал, что в период массовой уборки суточное поступление зернового вороха от комбайнов не превышает 8...10 % от сезонного намолота.

$$V_{\text{по}} = (0,08 \dots 0,1) Q_{\text{вал}} - (\tau_{\text{сут}} - \tau_{\text{по ост}}) q_{\text{по}}. \quad (14)$$

Анализ зависимости (14) показывает, что параметры и эффективное использование приемного отделения для конкретного сельскохозяйственного предприятия будут определяться следующими основными факторами: валом производимого зерна, временем работы и производительностью выгрузного устройства приемного отделения. В то же время приемное отделение в своем составе должно иметь приемный бункер и накопительную площадку. Поэтому емкость приемного отделения будет равна:

$$V_{\text{по}} = V_{\text{пб}} + V_{\text{нп}}, \quad (15)$$

где $V_{\text{пб}}$ – емкость приемного бункера, m ;
 $V_{\text{нп}}$ – емкость накопительной площадки, m .

При этом соотношение емкости приемного бункера, производительности его выгрузного устройства $q_{\text{пб}}$ и производительности машины предварительной очистки $q_{\text{пдо}}$ должно обеспечивать условие равномерной работы без перегрузки и забивания технологической линии: $V_{\text{пб}} > q_{\text{пб}} > q_{\text{пдо}}$. Поэтому емкость накопительной площадки, как правило, на практике превышает емкость приемного бункера в 3...6 раз.

Выводы

Структура парка зерноочистительно-сушильных комплексов для обеспечения минимальных качественных и количественных потерь зерна должна определяться по производительности в зависимости от валовых сборов зерна в действующих сельскохозяйственных предприятиях. Таким образом, исходя из типоразмерного ряда зерноочистительно-сушильных комплексов в республике, соответствующий ряд емкостей приемных отделений должен быть следующим: для комплекса производительностью 15 *мл. т/ч* – 100 *т* с приемным бункером 20 *т*; 20 *мл. т/ч* – 150 *т* с приемным бункером 30 *т*; 30 *мл. т/ч* – 200 *т* с приемным бункером 40 *т*; 40 *мл. т/ч* – 250 *т* с приемным бункером 50 *т*; 60 *мл. т/ч* – 300 *т* с приемным бункером 60 *т*; 80 – 350 *т* с приемным бункером 70 *т* и 100 *мл. т/ч* – 400 *т* с приемным бункером 80 *т*.

04.04.2016

Литература

1. Краусп, В.Р. Метод определения оптимальных параметров послеуборочной обработки зерна / В.Р. Краусп // Доклады ВАСХНИЛ. – № 2. – М., 1970. – С. 49–52.
2. Елизаров, В.П. Оптимизация основных технологических параметров сельскохозяйственных комплексов послеуборочной обработки зерна: автореф. дис. ...докт. техн. наук / В.П. Елизаров. – М.: ВИМ, 1982. – 40 с.
3. Олейников, В.Д. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна / В.Д. Олейников, В.В. Кузнецов, Г.И. Гозман. – М.: Колос, 1977. – 148 с.
4. Антипин, В.Г. Количество зерновой смеси и потребная производительность основных рабочих машин для доработки зерна после комбайна / В.Г. Антипин // Сб. Земледельческая механика. – М.: Машиностроение, 1965. – Т. 4. – С. 23–28.
5. Ковальчук, Ю.К. Анализ работы зерноочистительно-сушильных пунктов в условиях Архангельской области / Ю.К. Ковальчук // Записки ЛСХИ. – Л., 1973. – Вып. 1. – Т. 174. – С. 47–56.
6. Киреев, М.В. Выбор параметров пунктов послеуборочной обработки зерна / В.М. Киреев // Записки ЛСХИ. – Л., 1974. – Т. 231. – С. 17–25.
7. Берзиньш, Э.Р. Методика расчета и проектирования технологических линий для послеуборочной обработки зерна в Латвийской ССР: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Э.Р. Берзиньш. – Елгава: СХИ, 1967. – 18 с.
8. Каллас, А. К методике расчета пунктов послеуборочной обработки зерна в условиях Эстонской ССР / А. Каллас // Сб. науч. тр. Эстонской СХА. – № 67. – Тарту, 1971. – С. 37–42.