

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. – Тарту, 1971. – № 67. – С. 37–42.

УДК 631.365

**В.П. Чеботарев, И.В. Барановский**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»),  
г. Минск, Республика Беларусь);*

**А.В. Новиков, Т.А. Непарко**

*(УО «БГАТУ»),  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ  
ПРИЕМНОГО ОТДЕЛЕНИЯ,  
КОМПЕНСИРУЮЩИХ  
ПРОМЕЖУТОЧНЫХ  
ЕМКОСТЕЙ И УСТРОЙСТВ  
ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ  
ЗЕРНА НА КОМПЛЕКСАХ**

**Введение**

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 [1–3]. 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, погодных условий, организации работы уборочно-транспортного комплекса, сроков уборки. Емкость и производительность выгрузного устройства приемного отделения компенсирует, с одной стороны, неравномерность поступления с поля массы убранныго

комбайнового вороха в течение суток, а с другой – неравномерность темпов послеуборочной обработки: очистки, сушки и сортирования в зависимости от изменяющейся его влажности и засоренности. Таким образом, параметры приемного отделения должны определяться при наличии факторов противоположного действия. Недостаточная вместимость приемного отделения будет приводить к простоям комбайнов и транспортных средств, увеличению потерь зерна от самоосыпания. Применение излишне большой емкости приемного отделения приведет к увеличению срока хранения свежесобранного комбайнового вороха и одновременному снижению качества зерна, недогрузке приемного отделения, к удорожанию послеуборочной обработки зерна.

### Основная часть

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

$$\tau_{\text{ост}} = \tau_{\text{см}} - \frac{V_{\text{по}} \rho_{\text{кв}}}{q_{\text{по}}} \text{ при } V_{\text{по}} < \frac{q_{\text{по}} \tau_{\text{см}}}{\rho_{\text{кв}}}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{см}}$  – продолжительность времени смены, ч;

$V_{\text{по}}$  – вместимость приемного отделения, м<sup>3</sup>;

$q_{\text{по}}$  – производительность выгрузного устройства приемного отделения, т/ч;

$\rho_{\text{кв}}$  – насыпная плотность комбайнового вороха, кг/м<sup>3</sup>.

В случае если  $V_{\text{по}} \geq q_{\text{по}} \tau_{\text{см}} / \rho_{\text{кв}}$ , то  $\tau_{\text{ост}} = 0$ .

Поэтому вместимость приемного отделения может быть рассчитана из выражения (1) согласно следующей зависимости:

$$V_{\text{по}} = \frac{(\tau_{\text{см}} - \tau_{\text{ост}}) q_{\text{по}}}{\rho_{\text{кв}}}. \quad (2)$$

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

$$V_{\text{по}} \geq \frac{q_{\text{утк}} \tau_{\text{утк}}}{\rho_{\text{кв}}}, \quad (3)$$

где  $q_{\text{утк}}$  – производительность уборочно-транспортного комплекса, т/ч;

$\tau_{\text{утк}}$  – продолжительность времени работы уборочно-транспортного комплекса, ч.

Приравнивание правых частей выражений (2) и (3) позволяет установить требуемое соотношение объемов комбайнового вороха, поступающего от уборочно-транспортного комплекса и принимаемого приемным отделением:

$$(\tau_{\text{см}} - \tau_{\text{ост}}) q_{\text{по}} = q_{\text{утк}} \tau_{\text{утк}}.$$

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 % сезонного намолота. Таким образом, вместимость приемного отделения будет определяться согласно выражению:

$$V_{\text{по}} = (0,08 \dots 0,1) Q_{\text{вал}} - (\tau_{\text{см}} - \tau_{\text{ост}}) q_{\text{по}}, \quad (4)$$

где  $Q_{\text{вал}}$  – валовое производство зерна,  $m$ .

Анализ зависимости (4) 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:

$$V_{\text{по}} = V_{\text{пб}} + V_{\text{нп}},$$

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  $q_{\text{пдо}}$  должны 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...5 раз.

Важным условием стабильной работы зерноочистительно-сушильного комплекса является также соответствие производительностей основных машин – предварительной очистки и зерносушилки. При этом вследствие существенного изменения в процессе уборки засоренности, влажности и видового состава обрабатываемого зернового вороха процессы предварительной очистки и сушки всегда значительно отличаются по производительности работы. Компенсационный бункер между машинами нужен также для тех случаев, когда происходят остановки машин по каким-либо причинам. Поэтому для обеспечения совместной стабильной и равномерной работы обеих машин в технологической линии между ними необходимо устанавливать дополнительную компенсирующую емкость. При проектировании зерновых элеваторов параметры межоперационных компенсирующих емкостей закладывают в соответствии с установленными нормативами. При этом по нормам технологического проектирования вместимость над- и подсушильных бункеров должна быть не менее часовой производительности норрии и в 3...4 раза выше производительности зерносушилки. Вместимость компенсирующей емкости должна соответствовать следующему условию:

$$V_{\text{ке}} = \frac{q_{\text{мп0}} \tau_{\text{мп0}}}{\rho_{\text{кв}}} - \frac{q_{\text{зс}} \tau_{\text{зс}}}{\rho_{\text{нп}}},$$

где  $q_{\text{мп0}}$  – производительность машины предварительной очистки зерна,  $m/ч$ ;

$\tau_{\text{мп0}}$  – время работы машины предварительной очистки зерна,  $ч$ ;

$q_{\text{зс}}$  – производительность зерносушилки,  $m/ч$ ;

$\tau_{\text{зс}}$  – время работы зерносушилки,  $ч$ ;

$\rho_{\text{нп}}$  – насыпная плотность зерна,  $кг/м^3$ .

С другой стороны, объем компенсирующей емкости должен определяться с учетом целого ряда противоречивых факторов. С одной стороны, недостаточная вместимость компенсирующей емкости приводит к простоям машины предварительной очистки зерна, убыткам от снижения ее производительности, ухудшению сохранности и качества поступившего от комбайнов необработанного зернового вороха. С другой стороны, использование слишком большой емкости удорожает стоимость линии, усложняет работы по ее использованию и обслуживанию. Таким образом, необходимо найти оптимальное значение вместимости компенсирующей емкости в зависимости от производительности машины предварительной очистки и зерносушилки с учетом затрат на ее изготовление и эксплуатацию, а также образующихся потерь из-за отсутствия или неоптимальной ее величины. Общие затраты от установки и эксплуатации компенсирующей емкости будут равны:

$$I_{\text{зтр}} = I_{\text{экс}} V_{\text{ке}} \rho_{\text{кв}} \tau_{\text{зс}} + I_{\text{птр}} \tau_{\text{зс}} - I_{\text{птр}} \tau_{\text{мп0}}, \quad (5)$$

где  $I_{\text{экс}}$  – затраты на установку и эксплуатацию компенсирующей емкости,  $руб./ч$ ;

$I_{\text{птр}}$  – убытки от простоя машины предварительной очистки зерна,  $руб./(m \cdot ч)$ .

Выражение (5) после подстановки значений  $\tau_{\text{зс}} = V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}}/q_{\text{зс}}$  и  $\tau_{\text{мп0}} = V_{\text{ке}} \rho_{\text{кв}}/q_{\text{мп0}}$  примет следующий вид:

$$I_{\text{зтр}} = I_{\text{экс}} V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}} \cdot \frac{V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}}}{q_{\text{зс}}} + I_{\text{птр}} \cdot \frac{V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}}}{q_{\text{зс}}} - I_{\text{птр}} \cdot \frac{V_{\text{ке}} \rho_{\text{кв}}}{q_{\text{мп0}}}. \quad (6)$$

Для поиска оптимальной вместимости компенсирующей емкости необходимо провести исследование зависимости (6) на экстремум:

$$\frac{dI_{\text{зтр}}}{dV_{\text{ке}}} = I_{\text{экс}} V_{\text{ке}} \rho_{\text{нп}} \cdot \frac{\rho_{\text{нп}}}{2q_{\text{зс}}} + I_{\text{птр}} \cdot \frac{\rho_{\text{нп}}}{q_{\text{зс}}} - I_{\text{птр}} \cdot \frac{\rho_{\text{кв}}}{q_{\text{мп0}}} = 0. \quad (7)$$

Решение уравнения (7) позволяет определить оптимальную зависимость вместимости компенсирующей емкости:

$$V_{\text{ке}} = \frac{2I_{\text{птр}}}{I_{\text{экс}} \rho_{\text{нп}}^2} \cdot \frac{(q_{\text{мп0}} \rho_{\text{нп}} - q_{\text{зс}} \rho_{\text{кв}})}{q_{\text{мп0}}}. \quad (8)$$

При условии, что насыпная плотность комбайнового вороха и зерна существенно не отличается, выражение (8) может быть представлено в следующем виде:

$$V_{\text{ке}} = \frac{2I_{\text{птр}}}{I_{\text{экс}} \rho_{\text{нп}}} \cdot \left(1 - \frac{q_{\text{зс}}}{q_{\text{мп0}}}\right).$$

Компенсирующие емкости между машиной предварительной очистки и зерносушилкой должны иметь вместимость не менее  $(5 \dots 6)q_{\text{зс}}$ . Транспортирующие механизмы комплекса – нории и горизонтальные транспортеры, должны иметь производительность в 1,25...1,5 раза выше производительности машин, которые они обслуживают (для зерносушилок – не менее чем в 2 раза).

Таким образом, исходя из типоразмерного ряда зерноочистительно-сушильных комплексов в республике соответствующий ряд емкостей приемных отделений должен быть следующим: для комплекса производительностью 15 *нл. т/ч* – 150 *т* с приемным бункером 20 *т*; 20 *нл. т/ч* – 200 *т* с приемным бункером 30 *т*; 30 *нл. т/ч* – 300 *т* с приемным бункером 40 *т*; 40 *нл. т/ч* – 400 *т* с приемным бункером 50 *т*; 60 *нл. т/ч* – 600 *т* с приемным бункером 80 *т*; 80 *нл. т/ч* – 800 *т* с приемным бункером 100 *т* и 100 *нл. т/ч* – 1000 *т* с приемным бункером 120 *т*.

### Выводы

Для повышения производительности зерноочистительно-сушильных комплексов, минимизации качественных и количественных потерь зерна должны устанавливаться компенсирующие емкости объемом не менее 5...6 вместимостей зерносушилки, а транспортирующие механизмы поточных технологических линий должны иметь производительность в 1,25...1,5 раза выше производительности машин, которые они обслуживают (для зерносушилок – не менее чем в 2 раза).

18.08.2014

### Литература

1. Янко, В.М. Статистический метод расчета производительности машин / В.М. Янко / Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 11. – С. 9–12.
2. Краусп, В.Р. Метод определения оптимальных параметров послеуборочной обработки зерна / В.Р. Краусп // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1970. – № 2. – С. 49–52.
3. 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.