

ботке экспериментальных данных и случайных процессах / сост. М.С. Волхонов, С.Ю. Зудин, И.Б. Зимин [и др.]. – Кострома: Изд-во КГСХА, 2011. – 80 с.

Literatura

1. Pat. № 2601875 Rossijskaja Federacija, MPK H02J13/00. Sposob upravlenija jelektropotrebiteľjami po silovoj seti / Popov N.M., Kirilin A.A., Olin D.M.; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Kostromskaja gosudarstvennaja sel'skhozajstvennaja akademija». – № 2015107405; zajavl. 03.03.2015; opubl. 17.10.2016, Bjul. № 31.
2. Kirilin A.A., Popov N.M., Olin D.M. Sposob peredachi signalov po sel'skim raspredelitel'nym setjam 0,38 kV // Vestn. KrasGAU. – 2017. – № 2 (125). – S. 88–97.
3. Kirilin A.A., Popov N.M., Olin D.M. Izmenenie naprjazhenija nulevoj posledovatel'nosti pri peredache signalov po silovoj seti 0,38 kV // Vestn. KrasGAU. – 2017. – № 11 (134). – S. 118–124.
4. Osnovnye ponjatija o matematicheskom planirovanii mnogofaktornyh jeksperimentov, obrabotke jeksperimental'nyh dannyh i sluchajnyh processah / sost. M.S. Volhonov, S.Ju. Zudin, I.B. Zimin [i dr.]. – Kostroma: Izd-vo KGSXA, 2011. – 80 s.

УДК:631.365.22

С.Д. Шепелев, Д.О. Внуков,
И.Н. Кравченко

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

S.D. Shepelev, D.O. Vnukov,
I.N. Kravchenko

THE METHOD OF JUSTIFICATION OF GRAIN DRYING EQUIPMENT PRODUCTIVITY

Шепелев С.Д. – д-р техн. наук, доц., проректор по учебной работе, директор Института агроинженерии Южно-Уральского государственного аграрного университета, г. Челябинск. E-mail: shepelev2@yandex.ru

Внуков Д.О. – асп. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Южно-Уральского государственного аграрного университета, г. Челябинск. E-mail: dmit.vnukoff@yandex.ru

Кравченко И.Н. – канд. техн. наук, директор по развитию АО «Агропромышленное объединение «МУЗА»», Курганская обл., Щучанский р-н, г. Щучье. E-mail: dmit.vnukoff@yandex.ru

Shepelev S.D. – Dr. Techn. Sci., Assoc. Prof., Vice Rector for Study, Director, Institute of Agroengineering, Southern Ural State Agrarian University, Chelyabinsk. E-mail: shepelev2@yandex.ru

Vnukov D.O. – Post-Graduate Student, Chair of Machine and Tractor Park Operation, Southern Ural State Agrarian University, Chelyabinsk. E-mail: dmit.vnukoff@yandex.ru

Kravchenko I.N. – Cand. Techn. Sci., Director in Development, JSC «Agro-Industrial Association «MUZA»», Kurgan Region, Shchuchansky District, Shchusye. E-mail: dmit.vnukoff@yandex.ru

Цель исследования – повышение эффективности механизированных процессов в растениеводстве согласованием параметров зерноуборочных и сушильных комплексов. Задачи исследования: 1) провести анализ функционирования механизированного процесса уборки и сушки зерновых культур, обосновать пути повышения их эффективности на основе согласованности эксплуатационно-технологических параметров; 2) установить взаимосвязь производительности зерноуборочных и зерносушильных комплексов; 3) подтвердить теоретические исследования в производственных условиях. Исследованиями установлено, что на рациональную производительность сушильного

комплекса влияет техническое оснащение зерноуборочного процесса, надежность зерноуборочной техники, стоимость производимой продукции с гектара и другие производственные факторы. Нарушение агротехнических сроков под воздействием влияния климатических условий на производственный процесс уборки зерновых культур приводит к значительным потерям продукции и снижению прибыли производства. Для повышения эффективности функционирования технологической линии на основе экономико-математического моделирования обоснована производительность зерносушильного оборудования в зависимости от количества комбайнов, их уровня эксплуатации,

технической надежности и влияния погодных условий. В работе выявлены коэффициенты погодных условий для трех сценариев: благоприятные, средние и неблагоприятные. Расчеты показали, что при увеличении сезонной нагрузки на комбайн и коэффициента использования времени смены сушильного оборудования его рациональную производительность необходимо уменьшить, а с увеличением коэффициента использования времени смены комбайна, стоимости производимой продукции производительность следует увеличить. Рост цены производимой продукции на 30 % предъявляет требование к повышению рациональной производительности зерносушильного оборудования до 20 %. Производственные испытания подтвердили теоретические расчеты и позволили получить экономический эффект 1500–1700 руб/га.

Ключевые слова: послеуборочная обработка, зерно, комбайн, урожайность, производительность, погодные условия, зерносушильное оборудование, потери продукции.

The research objective was the increase of efficiency of mechanized processes in plant growing coordination of parameters of grain-harvesting and drying complexes. The research problems were 1) to carry out the analysis of functioning of the mechanized process of cleaning and drying of grain crops, to prove ways of increase of their efficiency on the basis of coherence of operational and technological parameters; 2) to establish interrelation of productivity of grain-harvesting and grain drying complexes; 3) to confirm theoretical researches under production conditions. By the researches it was established that rational productivity of drying complex was influenced by hardware of grain-harvesting process, the reliability of grain-harvesting equipment, the cost of made production per hectare and other production factors. Violation of agrotechnical terms as a result of influence of climatic conditions on the production of grain crops harvesting leads to considerable losses of production and decrease in the profit of production. For the increase of efficiency of functioning of technological line on the basis of economic and mathematical modeling productivity of grain drying equipment depending on the number of combines, their level of operation, technical reliability and the influence of weather conditions is proved. In the study the coefficients of weather conditions for three scenarios are re-

vealed: favorable, average and adverse. Calculations showed that at the increase in seasonal load of the combine and efficiency of time of change of drying equipment its rational productivity needs to be reduced, and with increase in efficiency of time of change of the combine, the cost of made production productivity should be increased. The growth of the price of made production by 30 % imposes requirement to the increase of rational productivity of grain drying equipment to 20 %. Production tests confirmed theoretical calculations and allowed to gain economic effect of 1500–1700 rub/hectare.

Keywords: post-harvest processing, grain, harvester, yield, productivity, weather conditions, grain drying equipment, production losses.

Введение. Одним из важнейших этапов уборки урожая является послеуборочная обработка, так как она определяет, насколько качественно сохранятся все полезные свойства зерна для его дальнейшего хранения и реализации. Для лучшего сохранения природных достоинств зерна необходимо, чтобы его влажность при продолжительном хранении составляла не более 15 %. При высокой влажности зерна происходит его самосогревание за счет доступа кислорода атмосферного воздуха. Наиболее опасно хранить зерно, когда самосогревание начинается на второй-третий день после приема его в хранилище [1].

Цель исследования: повышение эффективности механизированных процессов в растениеводстве согласованием параметров зерноуборочных и сушильных комплексов.

Задачи исследования:

1. Провести анализ функционирования механизированного процесса уборки и сушки зерновых культур, обосновать пути повышения их эффективности на основе согласованности эксплуатационно-технологических параметров.

2. Установить взаимосвязь производительности зерноуборочных и зерносушильных комплексов.

3. Подтвердить теоретические исследования в производственных условиях.

Методы и результаты исследования. Систему функционирования технических средств при уборке и послеуборочной обработке зерновых культур можно представить в виде схемы, представленной на рисунке 1.

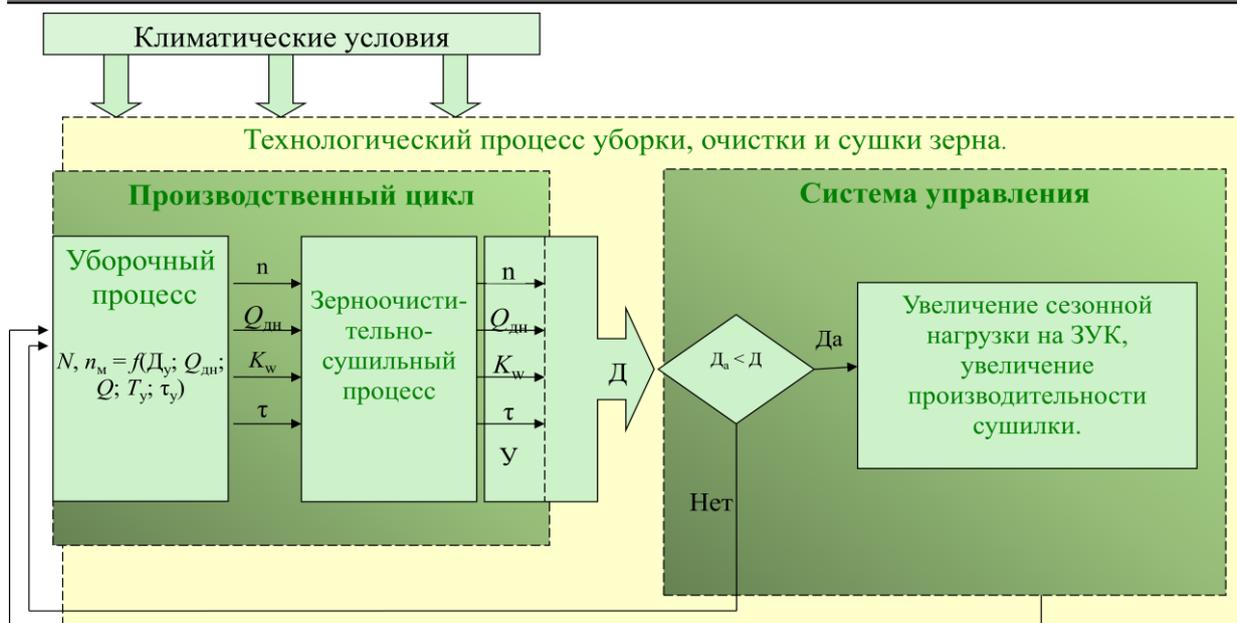


Рис. 1. Структурная схема функциональных связей зерноуборочных и зерносушильных процессов: (N – количество уборочных агрегатов; D_y – сроки уборки, дни; n_m – количество механизаторов, чел.; $Q_{дн}$ – дневная производительность агрегата; τ_y, τ – коэффициенты использования времени смены при уборке; T_y – длительность работы в течение суток уборочных агрегатов; D – длительность работ, дни; D_a – длительность работ в соответствии с агротехническими требованиями; K_w – влажность хлебной массы, %; Y – урожайность, т/га; Q – площадь посева, га

В технологический процесс производства зерна входят уборочные и зерносушильные звенья, которые должны быть взаимосвязаны по производительности между собой. Нарушение агротехнических сроков под воздействием влияния климатических условий на производственный процесс приводит к значительным потерям продукции и снижению эффективности производства зерна.

Результатами, оценивающими уборочный процесс, являются длительность работ, потери продукции и затраты. К категориальным понятиям, оценивающим механизированный технологический процесс, относятся климатические условия и ресурсный потенциал сельскохозяйственного предприятия [2]. Значительное влияние на производительность зерносушильного оборудования оказывают погодные условия [3–5]. При высокой влажности хлебной массы затрудняется обмолот зерновых культур, зерносушильному оборудованию требуется больше времени, чтобы довести зерно до кондиционной влажности, вследствие чего растягиваются сроки уборки.

При обосновании рациональной нагрузки на зерносушильное оборудование в зависимости от погодных условий необходимо учитывать не только влажность обрабатываемого материала, но и такие показатели, как стоимость производимой продукции и привлекаемой техники, сезонную нагрузку на комбайны, их техническое состояние [6].

Для обоснования рационального уровня нагрузки на зерносушильное оборудование в зависимости от

погодных условий разработана целевая функция на основе минимума затрат:

$$U_{н.з.} = Z_T + \Pi + Z_{пр.зер.} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Z_T – затраты на топливо для сушки, руб/га; Π – потери продукции, руб/га; $Z_{пр.зер.}$ – затраты на эксплуатацию зерносушильного оборудования, руб/га.

Зависимость затрат на эксплуатацию зерносушильного оборудования определяется из выражения

$$Z_{пр.зер.} = \frac{B_c \cdot \alpha}{Q}, \quad (2)$$

где B_c – балансовая цена зерносушилки, руб; α – отчисления на амортизацию; Q – убираемая площадь зерновых культур, га.

Ущерб от потерь продукции при использовании зерносушильного оборудования определяется по формуле

$$\Pi = 0,5 \cdot K_c \cdot k_n \cdot C \cdot \frac{Q}{n \cdot 0,1 \cdot B_p \cdot V(Y) \cdot T_{сум} \cdot \tau_k \cdot K_{пр}} \cdot K_{ны}, \quad (3)$$

где K_c – коэффициент снижения потерь от сочетания сортов, культур по скороспелости; K_n – коэффициент потерь, доля/день; C – стоимость продукции руб/т; Q – убираемая площадь зерновых культур, га; B_p –

ширина захвата жатки, м; $V(Y)$ – зависимость скорости комбайна от урожайности; $T_{сут}$ – время смены работы комбайна, ч; τ_k – коэффициент использования времени смены комбайна, км/ч; $K_{пр}$ – коэффициент пропорциональности; $K_{пг}$ – коэффициент погодных условий; n – количество уборочных агрегатов.

Затраты на топливо для сушки зерна рассчитывается по формуле

$$z_T = \frac{Q_h \cdot T_{сут} \cdot \tau_{су} \cdot R_t \cdot C_t}{Q} \cdot D_r, \quad (4)$$

где Q_h – часовая производительность зерносушильного оборудования, т; $T_{сут}$ – время суток, ч; $\tau_{су}$ – коэффициент использования полезного времени сушилки; R_t – количество топлива, затрачиваемого на сушку 1 т зерна, л; C_t – стоимость одного литра топлива, руб; D_r – количество дней уборки, дни;

В общем виде функцию цели (1) можно представить как

$$0,5 \cdot K_c \cdot k_n \cdot C \cdot \frac{Q}{n \cdot 0,1 \cdot B_p \cdot V(Y) \cdot T_{сут} \cdot \tau_k \cdot \frac{Q_h \cdot T_{сут} \cdot \tau_{су}}{K_w} \cdot K_{пг}} \cdot K_{пг} + \frac{B_c \cdot \alpha}{Q} + \frac{Q_h \cdot T_{сут} \cdot \tau_{су} \cdot R_t \cdot C_t}{Q} \cdot D_r \rightarrow \min. \quad (5)$$

После преобразования выражение (5) имеет вид

$$\frac{0,5 \cdot (C \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_{пг} \cdot Y \cdot k_n \cdot Q^2 + 2 \cdot C_t \cdot D_r \cdot R_t \cdot Q_h^2 \cdot T_{сут}^2 \cdot \tau_{су}^2)}{Q \cdot Q_h \cdot T_{сут} \cdot \tau_{су}} + \frac{0,5 \cdot (1,449488e^6 \cdot \alpha \cdot Q_h^2 \cdot T_{сут} \cdot \tau_{су} \cdot 2,075e^6 \cdot \alpha \cdot Q_h \cdot T_{сут} \cdot \tau_{су})}{Q \cdot Q_h \cdot T_{сут} \cdot \tau_{су}} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Теоретическими исследованиями предусматривалось, что влажность зерновой массы, поступающей от зерноуборочных комбайнов на зерносушильное оборудование, составляла 18–20 %. В результате моделирования выявлена зависимость произво-

дительности зерносушильного оборудования от сезонной нагрузки на зерноуборочный комбайн при различном его коэффициенте готовности и ширине захвата жатки (рис. 2, 3).

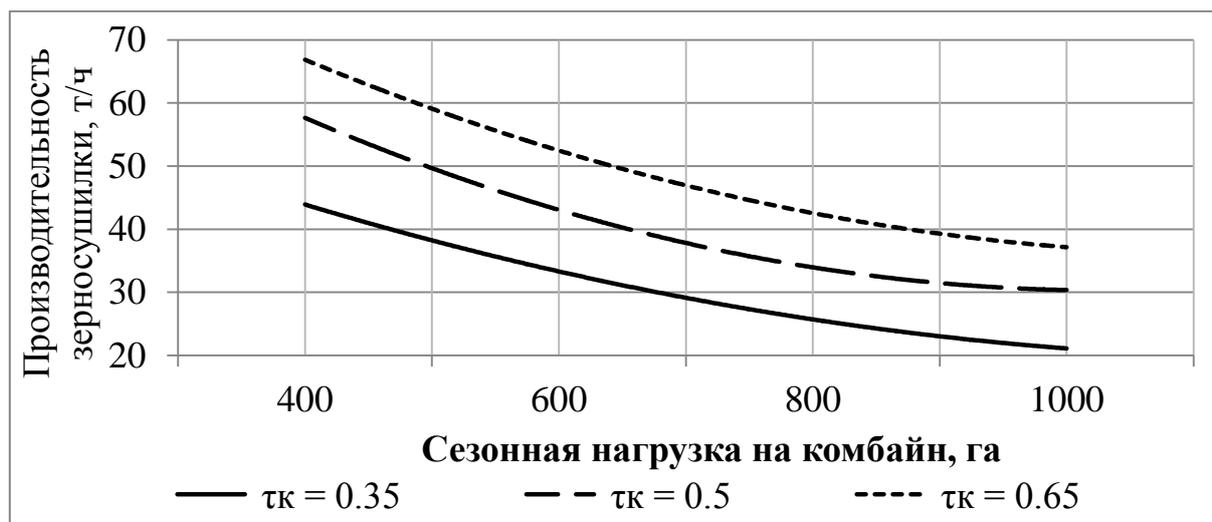


Рис. 2. Зависимость производительности зерносушилки от сезонной нагрузки на комбайн ($B_p = 6$ м; $C = 7\,000$ руб.; $Q = 18\,000$ га; $Y = 20$ ц/га; $t = 14$ ч (время работы зерносушилки в сутки))

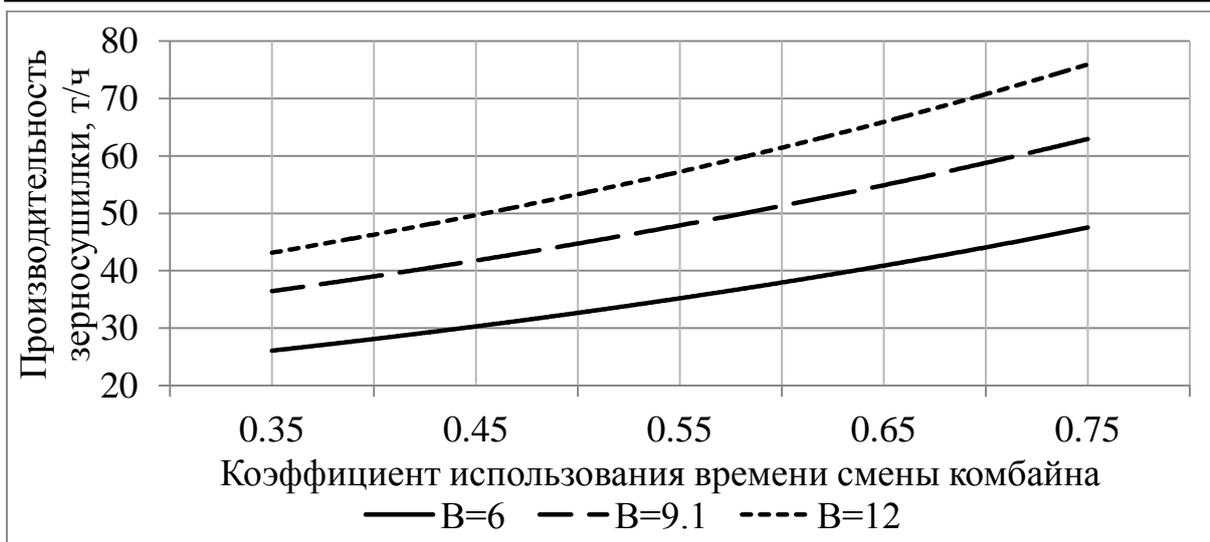


Рис. 3. Зависимость производительности зерносушилки от коэффициента использования времени смены комбайна ($\tau_k = 0,65$; $C = 7\ 000$ руб.; $t = 14$ ч; $n = 18$ шт.; $Q = 18\ 000$ га; $Y = 20$ ц/га)

Моделированием установлено, что при увеличении сезонной нагрузки на зерноуборочный комбайн с 600 до 800 га производительность зерносушильного оборудования уменьшается с 35 до 25 т/ч (рис. 2).

При увеличении коэффициента использования времени смены с 0,45 до 0,65 производительность зерносушильного оборудования возрастает до 30 % (рис. 3). При уменьшении ширины захвата жатки комбайна с 12 до 6 м и коэффициенте использова-

ния времени смены равном 0,45 производительность зерносушильного оборудования должна быть снижена до 40 %.

Установлено влияние коэффициента использования полезного времени смены зерносушильного оборудования на его производительность при различном времени использования комбайна в течение суток (рис. 4).

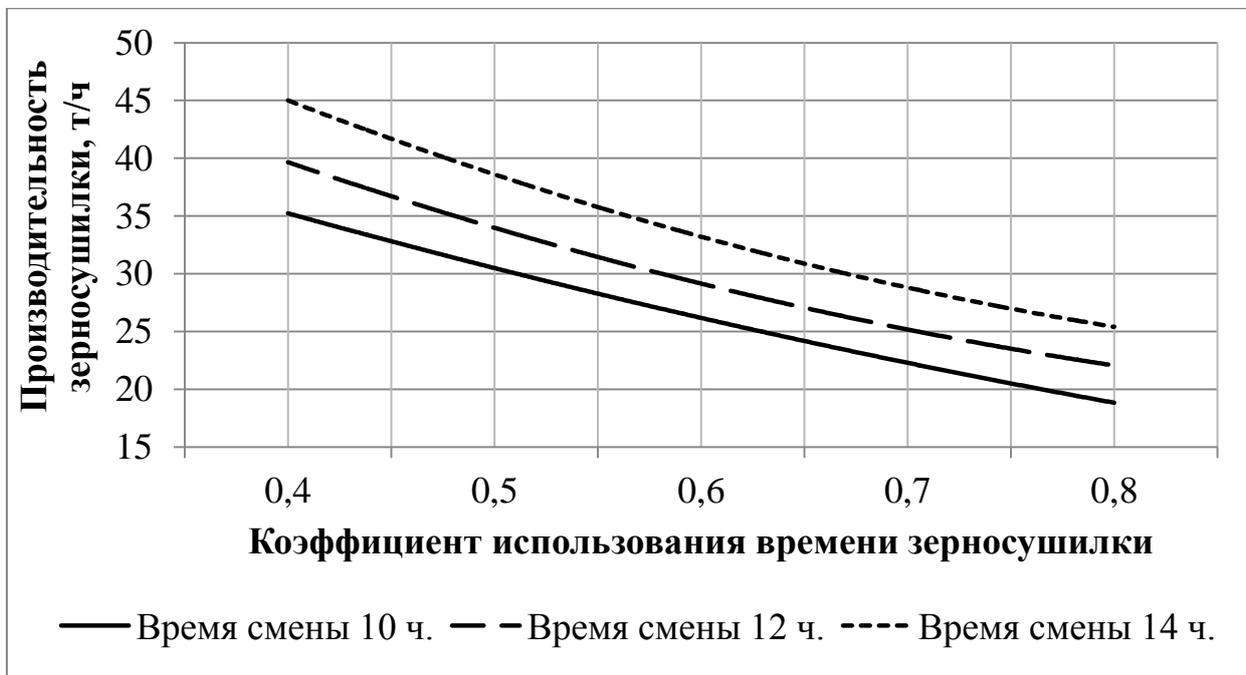


Рис. 4. Зависимость производительности зерносушилки от коэффициента использования времени смены зерносушильного оборудования ($\tau_k = 0,65$; $C = 7\ 000$ руб/т; $V_p = 6$ м; $n = 18$ шт.; $Q = 18\ 000$ га; $Y = 20$ ц/га)

На рисунке 4 показано, что при увеличении коэффициента использования времени смены зерносушилки с 0,4 до 0,7 ее производительность должна быть снижена с 35 до 22 т/ч.

На производительность зерносушилки значительное влияние оказывает цена производимой продукции (рис. 5). Увеличение цены зерна с 7 000

до 11 000 руб/т при урожайности 20 ц/га предъявляет требование к увеличению рациональной производительности зерносушильного оборудования до 20 %, с 35 до 45 т/ч. При снижении урожайности с 30 до 15 ц/га и стоимости зерна 11 000 руб/т производительность сушилки снижается с 55 до 45 т/ч.

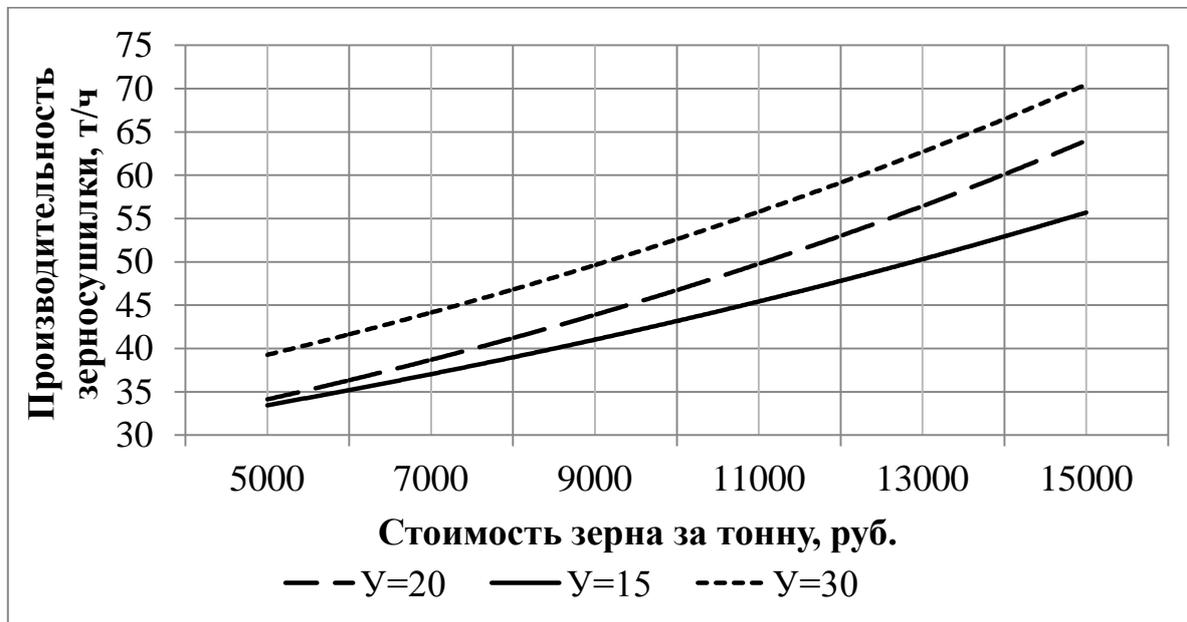


Рис. 5. Зависимость производительности зерносушилки от стоимости зерна ($\tau_k = 0,65$; $t = 14$ ч; $n = 18$ шт.; $Q = 18\ 000$ га; $V_p = 6$ м)

Установлено, что рациональная производительность зерносушильного оборудования для хозяйств в условиях Южного Зауралья составляет от 3 до 5 т/ч на 1000 гектаров посевной площади. Практическое внедрение результатов расчета в агропромышленное объединение «МУЗА» Курганской области Щучанского района позволило снизить затраты в пределах 1 500–1 700 руб. на гектар.

Таким образом, внедрение разработанной методики по обоснованию рациональных параметров зерносушильного комплекса с учетом производительности уборочно-транспортной линии позволит снизить себестоимость производства продукции и увеличить прибыльность сельскохозяйственного предприятия.

Выводы

1. На основе экономико-математического моделирования получено выражение, позволяющее определить рациональную производительность зерносушильного оборудования в зависимости от сезонной нагрузки на комбайн, коэффициента исполь-

зования времени смены комбайна и зерносушильного комплекса, стоимости производимой продукции.

2. Установлено, что рациональная производительность зерносушильного оборудования для хозяйств в условиях Южного Зауралья составляет от 3 до 5 т/ч на 1000 гектаров посевной площади.

3. Практическое внедрение результатов расчета в производственных условиях Южного Зауралья позволило снизить затраты на производство зерна в пределах 1 500–1 700 руб. на гектар.

Литература

1. Данилов Д.Ю., Рындин А.Ю. Повышение эффективности сушки зерна: основные технологические приемы и направления // Вестн. НГИЭ. – 2015. – № 8. – С. 26–29.
2. Окунев Г.А., Шепелёв С.Д., Маринин С.П. Проектирование и организация машиноиспользования в сельском хозяйстве: учеб. пособие / Южно-Уральский гос. аграр. ун-т. – Челябинск, 2015. – С. 68.
3. Внуков Д.О., Ярин В.А. Влияние климатических условий на обоснование потребности в ком-

- байнах при реализации зерноуборочных процессов // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: сб. науч. тр. – Воронеж, 2016. – Т. 3, вып. 2 (5). – С. 82–85.
4. *Ламажап Р.Р., Липшин А.Г.* Влияние климатических условий на урожайность ярового ячменя в республике Тыва // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 12. – С. 13–19.
 5. *Горбачева А.Г., Ветошкина И.А., Панфилов А.Э.* и др. Реакция гибридов кукурузы на температурный режим в период прорастания // Кукуруза и сорго. – 2014. – № 2. – С. 20–24.
 6. *Шепелев С.Д., Внуков Д.О., Ярин В.А.* Взаимосвязь производительности зерноуборочных и зерноочистительно-сушильных линий // Научное обеспечение реализации государственных программ поддержки АПК и сельских территорий: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (20–21 апреля 2017 г.). – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2017. – С. 476–479.
 2. *Okunev G.A., Shepel'ov S.D., Marinin S.P.* Proektirovanie i organizacija mashinoispol'zovanija v sel'skom hozjajstve: ucheb. posobie / Juzhno-Ural'skij gos. agrar. un-t. – Cheljabinsk, 2015. – S. 68.
 3. *Vnukov D.O., Jarin V.A.* Vlijanie klimaticheskikh uslovij na obosnovanie potrebnosti v kombajnah pri realizacii zernouborochnyh processov // Al'ternativnye istochniki jenerгии v transportno-tehnologicheskom komplekse: sb. nauch. tr. – Voronezh, 2016. – Т. 3, вып. 2 (5). – S. 82–85.
 4. *Lamazhap R.R., Lipshin A.G.* Vlijanie klimaticheskikh uslovij na urozhajnost' jarovogo jachmenja v respublike Tyva // Vestn. KrasGAU. – 2016. – № 12. – S. 13–19.
 5. *Gorbacheva A.G., Vetoshkina I.A., Panfilov A. Je.* i dr. Reakcija gibridov kukuruzy na temperaturnyj rezhim v period prorastanija // Kukuruza i sorgo. – 2014. – № 2. – S. 20–24.
 6. *Shepelev S.D., Vnukov D.O., Jarin V.A.* Vzaimosvjaz' proizvoditel'nosti zernouborochnyh i zernoochistitel'no-sushil'nyh linij // Nauchnoe obespechenie realizacii gosudarstvennyh programm podderzhki APK i sel'skih territorij: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (20–21 aprelja 2017 g.). – Kurgan: Izd-vo Kurganskoj GSHA, 2017. – S. 476–479.

Literatura

1. *Danilov D.Ju., Ryndin A.Ju.* Povyshenie jeffektivnosti sushki zerna: osnovnye tehnologicheskie priemny i napravlenija // Vestn. NGIJe. – 2015. – № 8. – S. 26–29.

