

УДК 631.171:631.3.06

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕЗЕРНОВОЙ ЧАСТИ УРОЖАЯ В СОСТАВЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Богданчиков И.Ю., Бачурин А.Н., Бышов Н.В.

*ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева», Рязань, e-mail: MC62@mail.ru*

Одним из основных показателей, позволяющих оценить эффективность использования техники в технологическом процессе, является ее производительность. Высокая производительность агрегатов на сельскохозяйственных процессах ведет в конечном итоге к высокой производительности труда и снижению затрат на получение конечной продукции. Поэтому при совершенствовании технологических процессов необходимо добиваться максимальной производительности всех агрегатов, задействованных в них. В статье представлено теоретическое обоснование метода повышения производительности, разработанного авторами, устройства для утилизации незерновой части урожая в составе машинно-тракторного агрегата. Даны рекомендательные значения основных кинематических параметров работы устройства для утилизации незерновой части урожая при использовании его в технологическом процессе с зерноуборочными комбайнами, оборудованными жатками различной ширины. Представленные в статье выражения могут быть полезными специалистам для оптимизации движения машинно-тракторных агрегатов по полю с изменяемым объемом технологической емкости.

Ключевые слова: производительность, незерновая часть урожая, комбайн, измельчитель, утилизация

INCREASE OF PRODUCTIVITY OF THE DEVICE FOR UTILIZATION OF NOT GRAIN PART OF THE CROP AS A PART OF THE MACHINE AND TRACTOR UNIT

Bogdanchikov I.Y., Bachurin A.N., Byshov N.V.

*Federal public budgetary educational institution of higher education «Ryazan state agrotechnological
university of a name of P.A. Kostychev», Ryazan, e-mail: MC62@mail.ru*

One of the main indicators, allowing to estimate efficiency of use of equipment in technological process, its productivity is. High efficiency of units on agricultural processes conducts finally to high efficiency of work and decrease in expenses for receiving end products. Therefore at improvement of technological processes it is necessary to achieve the most maximum productivity of all units involved in them. Theoretical justification of a method of increase of productivity developed by authors, devices for utilization of not grain part of a crop as a part of the machine and tractor unit is presented in article. Recommendationary values of the key kinematic parameters of operation of the device for utilization of not grain part of a crop when using it in technological process with combine harvesters equipped with harvesters of various width are given. The expressions presented in article, can be useful to experts, for optimization of movement of machine and tractor units across the field with a changeable volume of technological capacity.

Keywords: productivity, not grain part of a crop, harvesting machine, grinder, utilization

Основным показателем, позволяющим оценить эффективность использования техники в технологическом процессе, является ее производительность. Высокая производительность агрегатов на сельскохозяйственных процессах ведет в конечном итоге к высокой производительности труда и снижению затрат на получение конечной продукции. Поэтому при совершенствовании технологических процессов необходимо добиваться максимальной производительности всех агрегатов, задействованных в них. Производительность агрегата определяется из выражения [1]:

$$W_{\text{см}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{\text{см}} \cdot \tau, \quad (1)$$

где $W_{\text{см}}$ – сменная производительность агрегата, га/см; B_p – рабочая ширина за-

хвата агрегата, м; V_p – рабочая скорость агрегата, км/ч; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; τ – коэффициент использования времени смены.

Проанализировав выражение (1), видим, что увеличить производительность разработанного устройства, не внося изменений в конструкцию машины, возможно путем увеличения рабочей скорости V_p , увеличения продолжительности смены $T_{\text{см}}$. Рабочая скорость ограничена агротехническими требованиями, и в случае ее превышения ухудшится качество выполняемой операции. Превышение времени смены скажется на усталости механизатора, что снизит его внимание и может стать причиной серьезных аварий. Поэтому необходимо сократить время простоев агрегата, увеличив

время работы агрегата, т.е. повысить коэффициент использования времени смены [1]:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{см}}, \quad (2)$$

где T_p – время работы агрегата, ч.

Время работы агрегата можно упрощенно записать как

$$T_p = T_{см} - T_x - T_o - T_T, \quad (3)$$

где T_x – время холостых ходов агрегата, ч; T_o – время остановок, ч; T_T – время на технологическое обслуживание агрегата, ч.

Время работы можно определить из выражения

$$T_p = \frac{S_p}{V_p}, \quad (4)$$

где S_p – рабочий путь агрегата, м.

Соответственно время холостых ходов агрегата определяется как

$$T_x = \frac{S_x}{V_x}, \quad (5)$$

где S_x – холостой путь, пройденный агрегатом, м; V_x – скорость агрегата на холостом ходу, км/ч.

За счет оптимизации движения агрегата по полю можно сократить время холостых ходов T_x , остановок T_o и технологических обслуживаний T_T , увеличив время работы и, как следствие, производительность.

В усовершенствованном технологическом процессе подготовки к использованию незерновой части урожая (НЧУ) в качестве удобрения [2] нашло свое применение устройство для утилизации НЧУ, которое было выполнено на базе серийного измельчителя-мульчировщика Kverneland fx 230 (рисунок). Данное устройство на проведенных эксплуатационных испытаниях [3, 4, 5, 6] показало снижение производительности по сравнению с серийной машиной (МТЗ-82+Kverneland fx 230), которое связано с увеличением времени на технологическое обслуживание агрегата.



Устройство для утилизации незерновой части урожая на базе серийного измельчителя-мульчировщика Kverneland fx 230:

1 – трактор МТЗ-82; 2 – измельчитель-мульчировщик Kverneland fx 230; 3 – форсуночная рампа; 4 – технологическая емкость для рабочего раствора

Учитывая, что основная часть времени на технологическое обслуживание затрачивается на ожидание заправочного агрегата, нами был получен рациональный объем технологической емкости, который обеспечивает четное число рабочих ходов соответственно, заправка осуществляется на одной стороне поля [7].

Следует отметить, что в нашем случае рабочая ширина захвата агрегата B_p долж-

на соответствовать не ширине захвата машины $B_{р.м} = 2,3$ м, а ширине захвата жатки зерноуборочного комбайна $B_{р.к}$, которым производилась уборка и укладка соломы в валок. В условиях Рязанской области широкое распространение получили зерноуборочные комбайны с шириной захвата жатки 6 и 7 м (например, Дон-1500 Б, Acros-530/540, Vector-410/420, Енисей-1200 НМ, ПАЛЕССЕ GS1218 и др.) [7].

Учитывая то, что расстояние между двумя соседними валками в среднем составляет 4,4–5,4 м (в зависимости от ширины жатки зерноуборочного комбайна 6 или 7 м соответственно и средней ширине валка 1,6 м), целесообразней использовать челночный способ движения, а разворот беспетлевой с прямолинейным участком.

Ширину разворотной полосы определяем из выражения [1]:

$$E = 1,1 \cdot R_0 + e + d_k, \quad (6)$$

где R_0 – радиус поворота, м ($R_0 = 4,8$ м); e – длина выезда агрегата, м ($e = 4,63$); d_k – кинематическая ширина агрегата, м.

Длина холостого пути определяется из выражения

$$L_x = 2,0 \cdot R_0 + X_n + 2 \cdot e, \quad (7)$$

$$n_T = \frac{n_p}{Q_{p1т.е}} = \frac{C \cdot 10^{-4} \cdot L_p \cdot B_p \cdot N}{B_p \cdot V_{т.е}} = \frac{10^{-4} \cdot L_p \cdot N \cdot \sqrt{3 \cdot L_p \cdot B_p}}{V_{т.е}}, \quad (11)$$

где $V_{т.е}$ – объем технологической емкости, м³; $Q_{p1т.е}$ – объем рабочего раствора в технологической емкости, израсходованный за 1 рабочий проход агрегата, м³; N – норма внесения рабочего раствора гуминового препарата, л/га.

Объем рабочего раствора в технологической емкости, израсходованный за 1 рабочий проход агрегата, определяется как

$$Q_{p1т.е} = 10^{-4} \cdot L_p \cdot B_p \cdot N. \quad (12)$$

Время на технологическое обслуживание агрегата T_T определяется из выражения

$$T_T = \frac{Q_p}{W_{н.з}} + t_{всп}, \quad (13)$$

где Q_p – объем рабочего раствора в технологической емкости, израсходованный при выполнении рабочих ходов n_p , л; $W_{н.з}$ – производительность насоса заправщика, л/ч; $t_{всп}$ – время, необходимое на подключение заправочного шланга (обычно не превышает 0,08 ч), ч.

Объем рабочего раствора в технологической емкости, израсходованный при выполнении рабочих ходов, определяется как

$$Q_p = 10^{-4} \cdot n_{p.т} \cdot L_p \cdot B_p \cdot N, \quad (14)$$

где $n_{p.т}$ – число рабочих ходов агрегата, которое выполняется на одной заправке технологической емкости.

Число рабочих ходов агрегата выполняемых на одной заправке технологической емкости:

где X_n – длина прямолинейного участка пути при развороте агрегата, м.

Ширина загона:

$$C = \sqrt{3 \cdot L_p \cdot B_p}, \quad (8)$$

где L_p – длина рабочего хода агрегата, м.

Число рабочих ходов в заgone:

$$n_p = \frac{C}{B_p} \quad (9)$$

и холостых ходов:

$$n_x = n_p - 1. \quad (10)$$

Если учесть, что устройство для утилизации НЧУ начинает работу с заправленной технологической емкостью, то на основании выражения (9) можно определить число технологических обслуживаний на одном заgone:

$$n_{p.т} = \frac{L_{т.п}}{L_p}, \quad (15)$$

где $n_{p.т}$ – полученное число округляется в меньшую сторону до целого числа; $L_{т.п}$ – длина рабочего хода агрегата между двумя последовательными заправками технологической емкости, м, которая определяется как [7]:

$$L_{т.п} = \frac{10^4 \cdot V_{т.е} \cdot \rho_{р-р} \cdot \lambda}{N_{д.в} \cdot B_p}, \quad (16)$$

где $\rho_{р-р}$ – плотность рабочего раствора, кг/м³; λ – коэффициент использования объема технологической емкости ($\lambda = 0,8-0,95$); $N_{д.в}$ – норма внесения рабочего раствора гуминового препарата (в действующих веществах), кг/га.

Норма внесения рабочего раствора гуминового препарата определяется из выражения

$$N_{д.в} = N_{эт} \cdot k_y, \quad (17)$$

где $N_{эт}$ – эталонная норма внесения, установленная при урожайности НЧУ 20 ц/га ($N_{эт} = 300$ кг/га), кг/га; k_y – коэффициент урожайности.

Коэффициент урожайности определяется из выражения

$$k_y = \frac{y}{y_{эт}}, \quad (18)$$

где y – фактическая урожайность НЧУ, кг/га; $y_{эт}$ – эталонная урожайность НЧУ, при которой определялась эталонная норма вне-

сения рабочего раствора гуминового препарата ($y_{\text{гр}} = 2000$ кг/га), кг/га.

Согласно (13) и (14) выражение (12) запишется как

$$T_{\text{т}} = \frac{10^{-4} \cdot n_{\text{р.т}} \cdot L_{\text{р}} \cdot B_{\text{р}} \cdot N_{\text{д.в}}}{W_{\text{н.з}}} + t_{\text{всп}} = \frac{10^{-4} \cdot L_{\text{т.р}} \cdot L_{\text{р}} \cdot B_{\text{р}} \cdot N_{\text{д.в}}}{W_{\text{н.з}}} + t_{\text{всп}} = \frac{10^{-4} \cdot L_{\text{т.р}} \cdot B_{\text{р}} \cdot N_{\text{д.в}}}{W_{\text{н.з}}} + t_{\text{всп}} \quad (19)$$

Рабочий путь агрегата:

$$S_{\text{x}} = L_{\text{x}} \cdot n_{\text{x}} \quad (21)$$

$$S_{\text{р}} = L_{\text{р}} \cdot n_{\text{р}} \quad (20)$$

и холостой путь агрегата:

Полученные результаты для удобства сведем в таблицу.

Основные кинематические параметры работы устройства для утилизации НЧУ при использовании зерноуборочных комбайнов с жатками шириной 6 и 7 м, длине гона 800 м и урожайностью НЧУ 23 ц/га

№ п/п	Параметр	При ширине жатки 6 м	При ширине жатки 7 м
1.	Ширина разворотной полосы E, м	11,06	
2.	Рабочая длина $L_{\text{р}}$, м	800	800
3.	Длина холостого пути агрегата $L_{\text{х}}$, м	24,86	25,86
4.	Ширина загона C, м	120	133
5.	Число рабочих ходов $n_{\text{р}}$, ед.	20	19
6.	Число холостых ходов $n_{\text{х}}$, ед.	19	18
7.	Рабочий путь агрегата $S_{\text{р}}$, м	16000	15200
8.	Холостой путь агрегата $S_{\text{х}}$, м	460,94	465,48
9.	Время на одно технологическое обслуживание агрегата $T_{\text{р}}$, ч	0,19	0,21
10.	Число технологических обслуживаний на загоне, ед.	10	9
11.	Площадь загона, га	9,6	10,4
12.	Коэффициент использования времени смены τ	0,54	0,53
13.	Сменная производительность с оптимизацией движения, га/см	14,74	16,88

Таким образом, увеличение ширины разбрасывания с 6 до 7 метров приводит к уменьшению коэффициента использования времени смены τ на 1,85%, а сменная производительность при этом, напротив, увеличивается на 12,68%. Поэтому целесообразно использовать устройство для утилизации НЧУ в технологическом процессе после зерноуборочных комбайнов, которые оборудованы 7-метровыми жатками.

Дальнейшее увеличение производительности данного устройства возможно за счет увеличения запаса его рабочего хода (можно использовать технологические емкости повышенного объема) и применение систем мониторинга и управления эксплуатации машинно-тракторного парка с использованием платформы ГЛОНАСС [8, 9].

Список литературы

1. Карабаницкий А.П. Теоретические основы производственной эксплуатации МТП / А.П. Карабаницкий, Е.А. Кочкин. – М.: КолосС, 2009. – 95 с.
2. Богданчиков И.Ю. Совершенствование технологического процесса подготовки к использованию незерновой части урожая в качестве удобрения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Рязань, 2013. – 17 с.
3. Модернизация измельчителя-мульчировщика / Н.В. Бышов, К.Н. Дрожжин, А.Н. Бачурин, И.Ю. Богданчиков // Сельский механизатор. – 2013. – № 5. – С. 8–9.
4. Бышов Н.В. Результаты эксплуатационных испытаний устройства для утилизации незерновой части урожая [Электронный ресурс] / Н.В. Бышов, А.Н. Бачурин, И.Ю. Богданчиков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – Режим доступа: <http://science-education.ru/109-9454>.
5. Бышов Н.В. Теоретические исследования и полевые испытания устройства для утилизации незерновой части урожая / Н.В. Бышов, А.Н. Бачурин, И.Ю. Богданчиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2013. – № 1. – С. 44–48.

6. Результаты полевого эксперимента применения незерновой части урожая в качестве удобрения под озимые культуры / Н.В. Бышов, А.Н. Бачурин, И.Ю. Богданчиков, А.И. Мартышов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2014. – № 1. – С. 80–84.

7. Богданчиков И.Ю. Оптимизация работы устройства для утилизации незерновой части урожая в составе машинно-тракторного агрегата / И.Ю. Богданчиков, А.Н. Бачурин, Н.В. Бышов // Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения: сб. тр. Междунар. науч.-прак. конф. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 47–51.

8. Елистратов В.В. Концепция развития региональной системы мониторинга и управления эксплуатацией объектов транспорта и механизации сельского хозяйства в интересах агропромышленного комплекса, перерабатывающей промышленности и лесного хозяйства с использованием платформы глонасс и автоматической идентификации (на примере рязанской области) / В.В. Елистратов, Д.О. Олейник // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве: сб. тр. Междунар. научн.-прак. конф. – Оренбург: ФГБОУ ВПО ОГАУ, 2013. – С. 121–126.

9. Елистратов, В.В. Концепция развития систем предупреждения столкновений транспортных средств / С.И. Безруков, П.Г. Стенин, В.С. Климаков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12301 (дата обращения: 7. 08.2014).

References

1. Karabanickij A.P. Teoreticheskie osnovy proizvodstvennoj jekspluatcii MTP / A.P. Karabanickij, E.A. Kochkin. M.: KolosS, 2009. 95 p.

2. Bogdanchikov I.Ju. Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa podgotovki k ispol'zovaniju nezernovoj chasti urozhaja v kachestve udobrenija: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Rjazan', 2013. 17 p.

3. Modernizacija izmel'chitelja-mul'chirovshhika / N.V. Byshov, K.N. Drozhzhin, A.N. Bachurin, I.Ju. Bogdanchikov // Sel'skij mehanizator. 2013. no. 5. pp. 8–9.

4. Byshov N.V. Rezul'taty jekspluatacionnyh ispytaniy ustrojstva dlja utilizacii nezernovoj chasti urozhaja [Jelektronnyj resurs] / N.V. Byshov, A.N. Bachurin, I.Ju. Bogdanchikov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 3. Rezhim dostupa: <http://science-education.ru/109-9454>.

5. Byshov N.V. Teoreticheskie issledovanija i polevyje ispytaniya ustrojstva dlja utilizacii nezernovoj chasti urozhaja /

N.V. Byshov, A.N. Bachurin, I.Ju. Bogdanchikov // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2013. no. 1. pp. 44–48.

6. Rezul'taty polevogo jeksperimenta primenenija nezernovoj chasti urozhaja v kachestve udobrenija pod ozimye kul'tury / N.V. Byshov, A.N. Bachurin, I.Ju. Bogdanchikov, A.I. Martyshev // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2014. no. 1. pp. 80–84.

7. Bogdanchikov I.Ju. Optimizacija raboty ustrojstva dlja utilizacii nezernovoj chasti urozhaja v sostave mashinno-traktornogo agregata / I.Ju. Bogdanchikov, A.N. Bachurin, N.V. Byshov // Aktual'nye problemy agroinzhenerii i ih innovacionnye reshenija: sb. tr. Mezhdunar. nauch.-prak. konf. Rjazan': FGBOU VPO RGATU, 2013. pp. 47–51.

8. Elistratov V.V. Koncepcija razvitija regional'noj sistemy monitoringa i upravlenija jekspluataciej obektov transporta i mehanizacii sel'skogo hozjajstva v interesah agroproмышlennogo kompleksa, pererabatyvajushhej promyshlennosti i lesnogo hozjajstva s ispol'zovaniem platformy glonass i avtomaticheskoy identifikacii (na primere rjazanskoj oblasti) / V.V. Elistratov, D.O. Olejnik // Geoinformacionnye tehnologii v sel'skom hozjajstve: sb. tr. Mezhdunar. nauchn.-prak. konf. Orenburg: FGBOU VPO OGAU, 2013. pp. 121–126.

9. Elistratov, V.V. Koncepcija razvitija sistem preduprezhdenija stolknovenij transportnyh sredstv / S.I. Bezrukov, P.G. Stenin, V.S. Klimakov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 2; URL: www.science-education.ru/116-12301 (data obrashhenija: 7. 08.2014).

Рецензенты:

Каширин Д.Е., д.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электроснабжение», ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань;

Борычев С.Н., д.т.н., профессор, проректор по учебной работе, зав. кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика», ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань.

Работа поступила в редакцию 28.11.2014.