

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Анатолий Петрович Дьячков
Татьяна Александровна Трофимова
Николай Петрович Колесников
Сергей Викторович Семьинин
Елена Владимировна Козлова

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В сельском хозяйстве наметилась тенденция увеличения объемов зерноуборочных работ в связи с ростом освоения пахотных земель. В то же время сокращается количество работающего сельского населения. Промышленность, учитывая нехватку рабочих кадров в сельском хозяйстве, выпускает широкозахватные комбайны, отличающиеся увеличенным объемом бункера, повышенной энергонасыщенностью и пропускной способностью, усовершенствованным молотильным устройством. Такие изменения конструкции приводят к резкому увеличению металлоёмкости, что, в свою очередь, способствует уплотнению почвы, росту затрат энергии на ее последующую обработку, снижению урожайности. Решить эту проблему можно путем совершенствования современной с.-х. техники и внедрения новых форм организации и эксплуатации. Проведены исследования по изучению проблем специализации функций транспортного процесса уборочно-транспортного комплекса. Известно, что зерно при уборке в современных комбайнах поступает сначала в бункеры (средняя вместимость – 6-9 м³), далее перегружается на ходу (благодаря параллельному вождению с использованием навигационных систем GPS или GLONASS) в бункеры-перегрузатели, которые перегружают зерно в большегрузный автомобильный транспорт, стоящий на краю поля и осуществляющий его последующую доставку по назначению. Такая организация работ позволяет увеличить производительность зерноуборочных комбайнов за счет сокращения до минимума простоев из-за отсутствия транспорта, так как тракторно-транспортный бункер-перегрузатель постоянно находится на поле рядом с работающими комбайнами, которые имеют высокопроизводительные выгрузные устройства. Кроме того, сокращаются затраты на этапе уборки за счет использования комбайнов со средним объемом бункера и транспортировки зерна большегрузными транспортными средствами. В связи с тем, что бункеры-перегрузатели оборудованы шинами более низкого давления, чем транспортные средства общего назначения, возможно снижение степени уплотнения почвы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерноуборочные комбайны, бункеры-перегрузатели, специализация функций транспортного процесса, большегрузный транспорт, уплотнение почвы, экономический эффект.

IMPROVING THE TRANSPORTATION TECHNOLOGICAL PROCESS OF OPERATION OF MACHINES AND COMPLEXES

Anatoliy P. Dyachkov
Tatiana A. Trofimova
Nikolay P. Kolesnikov
Sergey V. Semyinin
Elena V. Kozlova

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

In agriculture there is a trend of increasing the amount of grain harvesting work due to the increasing arable land reclamation. At the same time the employed rural population declines. Taking into account the shortage of personnel in agriculture, machinery is producing wide-cut combine harvesters characterized by an enlarged grain tank, increased power/weight ratio and throughput and improved threshing device. Such changes in design lead to a sharp increase in specific quantity of metal per structure, which in its turn contributes to soil compaction, increase in energy costs of its subsequent tillage and decrease in yields. This problem can be solved by improving the modern agricultural machines and introducing new forms of organization and use of machines. The authors have conducted research to study the problem of specialization of functions of transportation process in the harvesting-transport complex. It is known that grain harvesting is performed by modern combine harvesters with tanks with the average capacity of 6-9 m³. Then due

to parallel driving with the use of GPS or GLONASS navigation systems the grain is reloaded in motion into reloader tanks, which then deliver the grain to the edge of the field and unload it into heavy trucks. Heavy trucks deliver the grain according to destination routing. Such organization of work allows increasing the performance of combine harvesters by minimizing the downtime caused by the lack of transport, as the tractor-transport reloader tank is always in the field near the operating combines that have high-performance unloading devices. Moreover, the costs of grain harvesting are reduced due to the possibility of using combines with a medium tank volume and transporting the grain by heavy trucks. In addition, the soil compaction is reduced due to the use of tyres on reloader tanks with lower pressure than on general purpose vehicles.

KEY WORDS: combine harvesters, reloader tanks, specialization of functions of the transportation process, heavy trucks, soil compaction, cost advantages.

При выполнении как сборочных, так и распределительных операций обязательно присутствуют транспортные и технологические, а иногда и вспомогательные операции. Часто происходит объединение транспортных и распределительных операций. В этом случае обе операции выполняет одно техническое средство (например, внесение удобрений и мелиорантов по прямоточной технологии). Создать техническое средство, которое одинаково хорошо выполняло бы обе операции, практически невозможно, так как разные операции реализуются в разных производственных условиях. Например, рабочие органы разбрасывателя при транспортировании являются балластом, на перемещение которого требуются дополнительные затраты энергии. Давление в колесах должно быть разным при транспортировании и распределении. Есть и другие причины, которые требуют разделения функций производственного процесса.

Основными показателями работы современных МТА являются, во-первых, качество, а во-вторых – производительность. Этот показатель приобретает особую значимость вследствие сокращения количества работающего сельского населения.

При проектировании любых сельскохозяйственных процессов необходимо учитывать пять основных принципов их построения:

- непрерывность движения обрабатываемого материала;
- полная загрузка машин во всех звеньях;
- согласование операций во времени и пространстве;
- минимум грузооборота материала и машин;
- ритмичность операций.

В сельском хозяйстве МТА производят уборку сельскохозяйственных культур на значительных площадях, выполняют большой объем транспортных перевозок, причем в короткие сроки. С учетом этого транспортные средства должны обладать высокой производительностью при низкой стоимости транспортных работ.

С появлением грузовых автомобилей в сельском хозяйстве их стали использовать в сборочно-распределительных процессах. В начальный момент они имели небольшую производительность по ряду причин (небольшая грузоподъемность, низкая скорость движения, малая мощность двигателя, отсутствие средств механизации при погрузочно-разгрузочных операциях), но главное из-за индивидуального закрепления транспортных средств за сборочно-распределительными технологическими агрегатами (рис. 1, линия 1-2). Резко возросла производительность транспортных средств, когда стали использовать крупногрупповой способ работы МТА (рис. 1, линия 2-3) [3].

Этот способ позволил резко сократить время на погрузочно-разгрузочные операции и тем самым увеличить производительность транспортных средств. Дальнейшее увеличение производительности транспортных средств происходило за счет увеличения их грузоподъемности и вместимости технологических емкостей рабочих машин (рис. 1, линия 3-4). Однако увеличение грузоподъемности бункера зерноуборочного комбайна в два раза позволяло повысить его производительность всего на 2,5-5,0% [8]. Кроме того, это привело к существенному росту конструкционной массы и удельной материалоёмкости зерноуборочных комбайнов. Типоразмерные ряды комбайнов большин-

ства компаний заканчиваются моделями с конструкционной массой 16 000-25 000 кг. Удельная материалоемкость комбайнов не опускается ниже 1500 кг на 1 кг/с номинальной пропускной способности. Верхняя же граница удельной материалоемкости у комбайнов компаний New Holland, Case IH, John Deere, концерна AGCO нередко превышает 1900-2100 кг/кг/с (удельная материалоемкость современных отечественных комбайнов составляет 1600-1700 кг/кг/с).

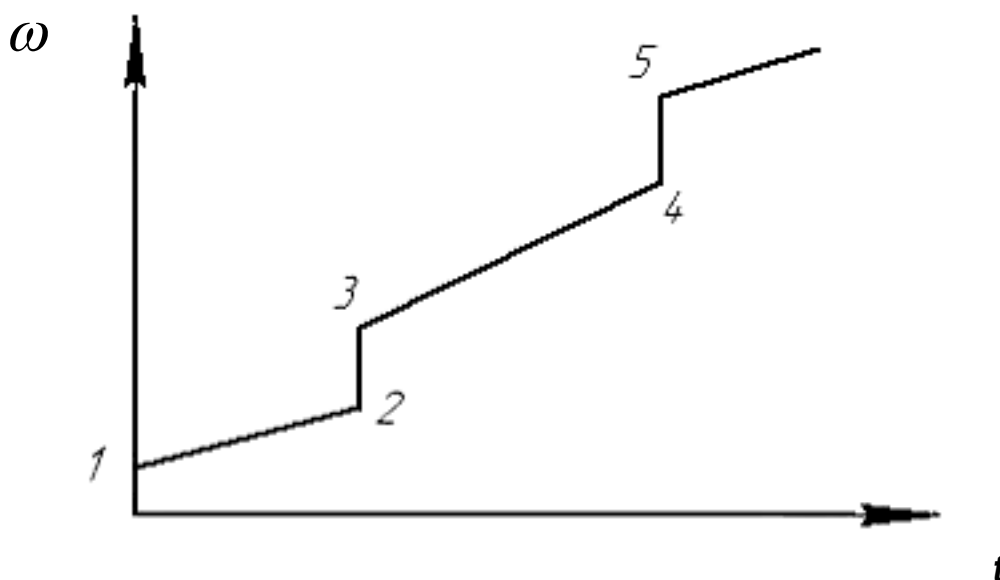


Рис. 1. Изменение производительности транспортных средств во времени

Максимальная эксплуатационная масса энергонасыщенных комбайнов с массой зерна в бункере 8000-10 000 кг достигает 25 000-30 000 кг.

Аргументом целесообразности увеличения грузоподъемности бункера зерноуборочного комбайна является увеличение производительности за счет сокращения времени технологического обслуживания. Этот аргумент справедлив только при одностороннем подходе к оценке его влияния на эффективность работы комбайна. На наш взгляд, надо учитывать как положительные, так и отрицательные стороны увеличения грузоподъемности бункера с удельной вместимостью 1,1-1,3 м³/кг/с [1].

Увеличение грузоподъемности бункера ведет к росту массы зерноуборочного комбайна с интенсивностью 300-400 кг/м³ и увеличению мощности двигателя на 5 кВт/м³. Увеличение эксплуатационной массы комбайна требует создания ходовой части повышенной грузоподъемности с большим удельным сопротивлением перекачиванию, при этом увеличивается объем транспортной работы в расчете на 1 т собранного урожая, что соответственно ведет к дополнительному расходу топлива. Так, при урожайности 3,0 т/га и увеличении вместимости бункера с 3 до 9 м³ дополнительный объем транспортных работ (ткм) в расчете на 1 т собранного зерна увеличивается на 43%, а дополнительный расход топлива для выполнения транспортной работы в расчете на 1 т собранного зерна (кг/т) увеличивается на 69%. Кроме того, повышенная нагрузка на движители ходовой части превышает допустимые нормы их воздействия на почву и затраты средств [4].

На рисунке 1 линия 4-5 показывает резкое увеличение производительности транспортных средств в результате специализации функций сборочно-транспортного процесса (например, при уборке зерновых культур) [3].

Основным параметром повышения производительности транспортного средства является увеличение его грузоподъемности.

В настоящее время многими исследователями доказано, что сбор материала по полю следует производить транспортным средством малой грузоподъемности, а его транспортирование от поля до склада – средством большой грузоподъемности, так как в этом случае проявляется дополнительный принцип – специализация функций транспортного процесса (рис. 2).

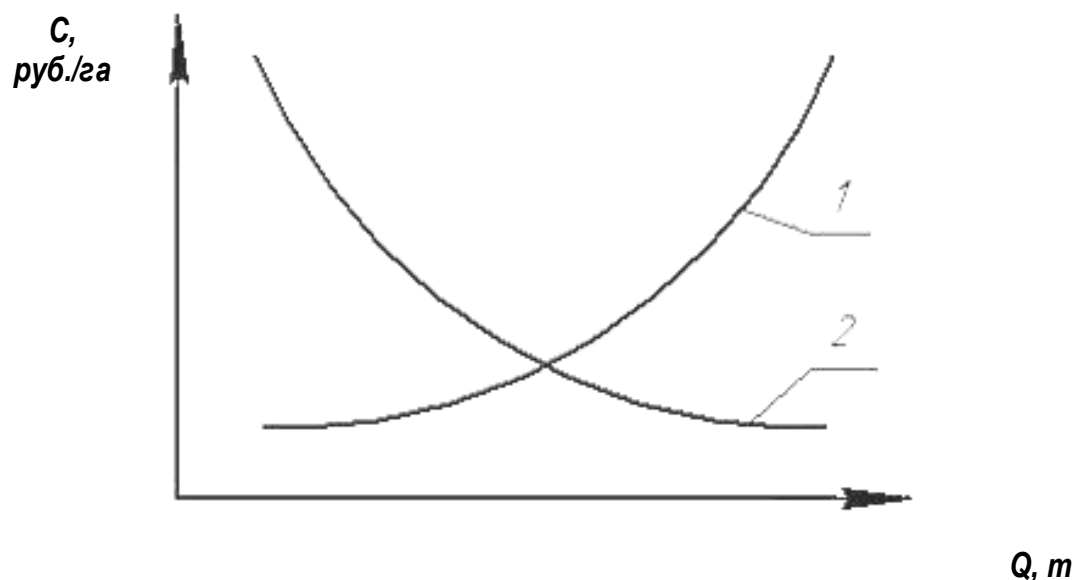


Рис. 2. Зависимость стоимости транспортных работ от грузоподъемности транспортного средства: 1 – сбор (распределение) материала; 2 – транспортирование

Еще одной причиной специализации функций транспортного процесса является соблюдение требования меньшего уплотнения почвы (деформирование, распыление и т. д.). Этого можно достичь использованием транспортных средств малой грузоподъемности. Но при этом возникает дополнительная операция – сочленение транспортных средств разной грузоподъемности между собой.

В качестве таких сочленителей могут выступать различные механизмы, которые могут быть автономными (стационарно-передвижные бункеры-накопители, эстакады и т. д.) или установленными на транспортном средстве малой грузоподъемности (механизм предварительного подъема – ГАЗ-САЗ-3508, шнековые механизмы, мобильные бункеры-накопители и т.д.); на транспортном средстве большой грузоподъемности (манипуляторы и т. д.). Главное, чтобы они обладали большой грузоподъемностью.

Сбор материала может происходить в две фазы. Первая фаза – это сбор зерна комбайном, а вторая фаза – сбор материала мобильным бункером-накопителем от комбайнов и доставка его на край поля с целью перегрузки в транспортное средство большой грузоподъемности.

Какой грузоподъемностью должен обладать бункер комбайна, определим на примере уборки зерновых культур в ЦЧР.

При уборке зерновых культур комбайн выполняет наряду с технологической операцией сборочно-транспортную функцию. Как показывает обзор конструкций бункеров современных комбайнов, объем их изменяется от 3 до 12 м³ [5-7, 9-13].

При вместимости бункера 12 м³ на транспортирование дополнительных масс самой машины и зерна в расчете на 1 т собранного урожая расходуется топлива в разы больше, чем при бункерах с вместимостью соответственно 6 и 3 м³. Повышение нагрузок на движители ходовой части затрудняет соблюдение допустимых норм воздействия на почву [2].

Целью исследования является анализ возможности увеличения производительности уборочно-транспортного комплекса (УТК) за счет специализации функций транспортного процесса.

Комбайны с малым объемом бункера, особенно при большой урожайности, требуют частых остановок для разгрузки, что приводит к снижению их производительности. Поэтому ставится задача – выполнение бункера такого объема, при котором эксплуатационная производительность была бы максимальной.

В качестве объекта исследования были выбраны технические средства уборочно-транспортного комплекса (УТК), а также зерноуборочные комбайны.

Поставленная задача была решена методом оптимального проектирования [8].

В качестве примера приведем расчет для средних условий ЦЧР и комбайна John Deere 2264, который должен иметь бункер объемом 8 м³ [8].

Объем бункера зависит от урожайности зерновых культур и рабочей ширины захвата комбайна. Но если разгрузку комбайна осуществлять на ходу (современные навигационные системы позволяют это), то увеличивать объем бункера не следует.

Многие международные компании (Dickey-John, LH Agro, Outback, Patchwork, RDS и другие) представляют на мировом рынке системы параллельного вождения, которые легко устанавливаются на МТА и постоянно совершенствуются. Они позволяют на ходу производить разгрузку зерна из бункера комбайна в мобильный тракторно-транспортный бункер-перегрузатель.

Чтобы весь комплекс машин УТК ритмично функционировал, необходимо иметь равенство производительности машин на каждой операции

$$\omega_{\text{ц}}^{\text{к}} \cdot n_{\text{к}} \approx \omega_{\text{ц}}^{\text{н}} \cdot n_{\text{н}} \approx \omega_{\text{ц}}^{\text{мп}} \cdot n_{\text{мп}}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{ц}}^{\text{к}}$, $\omega_{\text{ц}}^{\text{н}}$, $\omega_{\text{ц}}^{\text{мп}}$ – цикловая производительность соответственно комбайна, бункера-перегрузателя, транспортного средства, т/ч;

$n_{\text{к}}$, $n_{\text{н}}$, $n_{\text{мп}}$ – количество комбайнов, бункеров-перегрузателей, транспортных средств.

Цикловая производительность комбайна ($\omega_{\text{ц}}^{\text{к}}$) определяется по формуле

$$\omega_{\text{ц}}^{\text{к}} = 0,36 \cdot B_{\text{р}} \cdot v_{\text{р}} \cdot U_{\text{з}} \cdot \tau_{\text{ц}}, \quad (2)$$

где $B_{\text{р}}$ – рабочая ширина захвата, м;

$v_{\text{р}}$ – рабочая скорость движения комбайна, м/с;

$U_{\text{з}}$ – урожайность зерна, т/га;

$\tau_{\text{ц}}$ – коэффициент использования времени цикла.

Коэффициент использования времени цикла ($\tau_{\text{ц}}$) определяется по формуле

$$\tau_{\text{ц}} = \frac{at_{\text{р}}}{at_{\text{р}} + a't_{\text{нов}}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{р}}$, $t_{\text{нов}}$ – время прохождения гона и поворота, с;

a , a' – коэффициенты, показывающие долю времени отдельных операций в расчете на принятый цикл

$$a, a' = \frac{L_{\text{м}}}{L_{\text{р}}}, \quad (4)$$

где $L_{\text{м}}$ – путь заполнения бункера, м;

$L_{\text{р}}$ – длина рабочего гона, м.

Цикловая производительность мобильного бункера-перегрузателя ($\omega_{\text{ц}}^{\text{н}}$) определяется по формуле

$$\omega_{\text{ч}}^n = \frac{Q_n \cdot \lambda_z}{t_{\text{об}}}, \quad (5)$$

где Q_n – номинальная грузоподъемность бункера-перегрузателя, кг;
 λ_z – степень использования грузоподъемности;
 $t_{\text{об}}$ – время оборота (рейса) бункера-перегрузателя, ч.

Средняя продолжительность одного рейса

$$t_{\text{об}} = t_{\text{дз}} + t_{\text{дх}} + t_z + t_g, \quad (6)$$

где t_z, t_g – время загрузки и выгрузки, с;

$t_{\text{дз}}, t_{\text{дх}}$ – время движения агрегата с грузом и без него, с.

Время движения с грузом и без него равно

$$t_{\text{дз}} = \frac{L}{V_z}; \quad t_{\text{дх}} = \frac{L}{V_x}, \quad (7)$$

где L – среднее расстояние от комбайна до края поля, м;

V_z, V_x – скорость движения агрегата с грузом и без него, м/с.

Установим значения V_z и V_x от грузоподъемности (Q_n) бункера-перегрузателя исходя из баланса мощности двигателя трактора.

При движении бункера-перегрузателя мощность, затрачиваемую на привод рабочих органов, принимаем $N_{\text{в.ом}} = 0$ кВт, а мощность, затрачиваемую на буксование, – $N_{\text{б}} \approx 0$ кВт.

Скорость движения агрегата по полю часто ограничивается не энергетическими возможностями, а условиями работы механизатора. Принимаем $V_z = V_x$, тогда

$$N_{\text{ен}}^{[\xi_N]} = \frac{(R_a + P_f + P_\alpha) \cdot V_z}{\eta_m}, \quad (8)$$

где $N_{\text{ен}}$ – номинальная мощность двигателя трактора, кВт;

$[\xi_N]$ – степень использования мощности;

R_a, P_f, P_α – силы сопротивления соответственно перемещению агрегата, перекатыванию и преодолению подъема трактором, кН;

η_m – КПД трансмиссии.

При движении с грузом сила сопротивления агрегата перемещению

$$R_a = (Q_m + Q_n) \cdot g \cdot (f_m + i) \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

где Q_m – масса бункера-перегрузателя, кг;

Q_n – грузоподъемность бункера, кг;

f_m – коэффициент сопротивления перекатыванию бункера-перегрузателя;

i – уклон поля.

Сила сопротивления перекатыванию трактора

$$P_f = f_m \cdot G_{\text{мп}}, \quad (10)$$

где f_m – коэффициент сопротивления перекатыванию трактора;

$G_{\text{мп}}$ – эксплуатационный вес трактора, кН.

Сила сопротивления преодолению подъема трактором

$$P_\alpha = G_{\text{мп}} \cdot i. \quad (11)$$

Скорость движения агрегата с грузом определяется по формуле

$$V_z = \frac{N_{\text{ен}} \cdot \eta_m \cdot [\xi_N]}{[(Q_m + Q_n) \cdot g \cdot (f_m + i) \cdot 10^{-3} + G_{\text{мп}} \cdot (f_m + i)]}. \quad (12)$$

Среднее расстояние перемещения бункера-перегрузателя по полю

$$L = \frac{B_n + 2L_n}{4}, \quad (13)$$

где B_n, L_n – соответственно ширина и длина поля, м.

Тогда сумма $t_{\partial z} + t_{\partial x}$ равна

$$t_{\partial x} + t_{\partial z} = \frac{(B_n + 2L_n) \cdot (Q_m + Q_n) \cdot g \cdot (f_m + i) \cdot 10^{-3} + G_{mp} \cdot (f_m + i)}{N_{en} \cdot [\xi_N] \cdot \eta_m} \quad (14)$$

Время загрузки бункера-перегрузателя при разгрузке комбайна на ходу

$$t_3 = \left[\frac{Q_b \cdot (\omega_k + B_p \cdot U_3 \cdot v_p)}{\omega_k^2} + t_{no} \right] \cdot \frac{Q_n}{Q_b}, \quad (15)$$

где Q_b – грузоподъемность бункера комбайна, кг;

ω_k – производительность выгрузного устройства комбайна, кг/с;

t_{no} – время подъезда и отъезда бункера-перегрузателя от комбайна к комбайну, с.

Время выгрузки бункера-перегрузателя

$$t_6 = \frac{Q_n}{\omega_n}, \quad (16)$$

где ω_n – производительность выгрузного устройства бункера-перегрузателя, кг/с.

После определения составляющих t_{ob} находим цикловую производительность мобильного бункера-перегрузателя ω_y^n по формуле

$$\omega_y^n = \frac{2Q_n \lambda_z N_{en} [\xi_N] \eta_m \omega_k^2 \omega_n Q_b}{(B_n + 2L_n) \cdot (Q_m + Q_n) \cdot g \cdot (f_m + i) \cdot 10^{-3} \omega_k^2 \omega_n Q_b + G_{mp} \cdot (f_m + i) \cdot \omega_k^2 \omega_n Q_b +} \quad (17)$$

$$+ 2(\omega_k + B_p U_3 v_p) Q_n \omega_n Q_b N_{en} [\xi_N] \eta_m + 2N_{en} [\xi_N] \eta_m t_{no} \omega_k^2 \omega_n Q_b + 2N_{en} [\xi_N] \eta_m Q_n Q_b \omega_k^2$$

Используя выражение (5), определяем цикловую производительность транспортного средства. Зная состав технологической линии и количество комбайнов, работающих на поле, можем определить состав производственной линии УТК для любых производственных условий.

Выводы

Экономический эффект при эксплуатации УТК со специализацией функций транспортного процесса, рассчитанного и спроектированного по данной методике, будет складываться из:

- экономии топлива при эксплуатации комбайнов с оптимальными объемами бункеров за счет снижения энергетических затрат на перемещение самих комбайнов и массы собираемого в бункеры зерна;

- увеличения производительности комбайнов за счет снижения их простоев, благодаря разгрузке на ходу при использовании современных навигационных систем;

- экономии топлива при дальнейших обработках почвы за счет снижения на 30-40% удельного сопротивления машины благодаря специализации функций транспортного процесса;

- повышения на 15-45% урожайности различных культур в результате снижения переуплотнения и распыления почвы, а также уменьшения плотности плужной подошвы за счет снижения эксплуатационной массы комбайнов и транспортных средств при движении по полю во время уборки и запрещения движения большегрузных автомобилей с шинами высокого давления (0,6-0,9 МПа) по полю, благодаря сбору урожая в мобильные бункеры-перегрузатели из бункеров комбайнов и последующей перегрузке его на краю поля в транспортные средства большой грузоподъемности.

Библиографический список

1. Бурак П.И. Роль технического и технологического перевооружения в реализации государственной программы на 2013-2020 годы / П.И. Бурак // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 4–5.
2. ГОСТ 26955-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия двигателей на почву. – Введ. 1987–01–01. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 8 с.
3. Дьячков А.П. Обоснование оптимального состава звеньев производственного процесса внесения навоза / А.П. Дьячков // Проблемы комплексной механизации транспортных работ в сельском хозяйстве : сб. науч. тр. – Москва : ВИМ, 1985. – Т. 105. – С. 43–49.
4. Ежевский А.А. Техническая и технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013-2020 годы / А.А. Ежевский // Сельскохозяйственная техника и технологии. – 2014. – № 1. – С. 3–6.
5. Зерноуборочные комбайны CLAAS Dominator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.reel.ru (дата обращения: 21.10.2015).
6. Зерноуборочные комбайны New Holland [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.grint-tula.ru (дата обращения: 21.10.2015).
7. Комбайн зерноуборочный РСМ-142 «ACROS 530» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.agrosouz.ua (дата обращения: 22.10.2015).
8. Методика определения оптимальной грузоподъемности бункера зерноуборочного комбайна / А.П. Дьячков [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 4 (47), ч. 2. – С. 92–99.
9. Сравнительные технические характеристики зерноуборочных комбайнов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rostselmash.ru (дата обращения: 21.10.2015).
10. Технические характеристики зерноуборочного комбайна Нива-Эффект [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.agro-vestnik.ru (дата обращения: 22.10.2015).
11. Технические характеристики зерноуборочных комбайнов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.land-tech.narod.ru (дата обращения: 21.10.2015).
12. Технические характеристики зерноуборочных комбайнов John Deere [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.agrotreyd.ru (дата обращения: 22.10.2015).
13. Технические характеристики на комбайны SAMPО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sampo.kiev.ua (дата обращения: 21.10.2015).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Анатолий Петрович Дьячков – кандидат технических наук, профессор кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-77-35, E-mail: kafexpl@agroeng.vsau.ru.

Татьяна Александровна Трофимова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-76-93, E-mail: zemledele@agronomy.vsau.ru.

Николай Петрович Колесников – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-77-35, E-mail: nikolay2060@yandex.ru.

Сергей Викторович Семьин – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-77-35, E-mail: kafexpl@agroeng.vsau.ru.

Елена Владимировна Козлова – магистрант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-76-93, E-mail: naselvi@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 20.02.2017

Дата принятия к печати 20.03.2017

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliations

Anatoliy P. Dyachkov – Candidate of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Transport Vehicles and Production Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-35, E-mail: kafexpl@agroeng.vsau.ru.

Tatiana A. Trofimova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Arable Farming and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-61, E-mail: zemledele@agronomy.vsau.ru.

Nikolay P. Kolesnikov – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Transport Vehicles and Production Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-35, E-mail: nikolay2060@yandex.ru.

Sergey V. Semynin – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Transport Vehicles and Production Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-35, E-mail: kafexpl@agroeng.vsau.ru.

Elena V. Kozlova – Master's Degree Student, the Dept. of Transport Vehicles and Production Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-76-93, E-mail: naselvi@mail.ru.

Date of receipt 20.02.2017

Date of admittance 20.03.2017