

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДОГО НАВОЗА

Анатолий Петрович Дьячков¹
Татьяна Александровна Трофимова¹
Николай Петрович Колесников¹
Алексей Дмитриевич Бровченко¹
Андрей Вячеславович Шабанов¹
Иван Николаевич Воробьев²

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²ООО «ЭкоНива-Черноземье»

В последние годы в Воронежской области и в стране в целом наметилась устойчивая тенденция увеличения объемов внесения твердого навоза вследствие бурного развития животноводства. В то же время сокращается количество трудоспособного населения. Промышленность, учитывая нехватку рабочих рук в сельском хозяйстве, выпускает большегрузные навозоразбрасыватели, отличающиеся повышенной энергонасыщенностью и секундной подачей, усовершенствованными конструкциями рабочих органов. Такие изменения конструкции навозоразбрасывателей приводят к резкому увеличению металлоемкости, что, в свою очередь, способствует уплотнению почвы, росту затрат энергии на ее последующую обработку, снижению урожайности сельскохозяйственных культур. При использовании этих навозоразбрасывателей по прямоточной технологии только 4–7% времени цикла они затрачивают на распределение навоза, в остальное время транспортируют навоз или стоят под загрузкой. К транспортной операции они приспособлены плохо, а рабочие органы являются балластом, на перемещение которого требуются дополнительные затраты энергии. Решить эту проблему можно путем использования новых форм организации внесения твердого навоза и эффективной эксплуатации современной техники. Проведены исследования перегрузочной технологии внесения твердого навоза, которая позволяет специализировать функции транспортно-распределительного процесса его внесения, то есть доставляют навоз от хранилища до места его распределения транспортными средствами большой грузоподъемности, а распределяют навоз навозоразбрасывателями. Такая организация работ позволяет исключить жесткую связь между транспортными средствами и навозоразбрасывателями как по времени, так и по грузоподъемности. Также были определены параметры навозоразбрасывателей, используемых в этой технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: навозоразбрасыватели, мобильный перегрузчик, специализация функций транспортно-распределительного комплекса, уплотнение почвы, снижение удельной металлоемкости.

IMPROVING THE TRANSPORT TECHNOLOGICAL PROCESS OF SOLID MANURE APPLICATION

Anatoliy P. Dyachkov¹
Tatiana A. Trofimova¹
Nikolay P. Kolesnikov¹
Aleksey D. Brovchenko¹
Andrey V. Shabanov¹
Ivan N. Vorobyov²

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²ООО EkoNiva-Chernozemye

In recent years in Voronezh Oblast and in Russia as a whole there has been a steady trend towards increasing the volumes of solid manure application due to the rapid development of animal husbandry. At the same time, the employable population is decreasing. Taking into account the shortage of labour in agriculture, the industry produces heavy-duty manure spreaders characterized by increased energy saturation, within-seconds feed and improved designs of working bodies. Such changes in the design of manure spreaders lead to a sharp increase in specific amount of metal per structure, which in turn leads to soil compaction, increase in energy costs for its subsequent

tillage, and decrease in crop yields. When these manure spreaders are used with the single-pass technology, only 4–7% of the cycle time is dedicated to manure spreading, and the rest of the cycle they transport the manure or are loading. They are poorly adapted to transport operation, and their working bodies are ballast that requires additional energy costs for their movement. This problem can be solved by using new forms of organizing solid manure application and efficient operation of modern machinery. The authors have conducted studies of the transshipping technology of solid manure application, which allows specializing the functions of the process of manure transport and spreading during its application; i.e. the manure is transported from the storage to the place of its application by heavy-duty vehicles and applied by manure spreaders. Such workflow management allows eliminating the firm connection between transporting vehicles and manure spreaders both in terms of time and loading capacity. The authors have also determined the parameters of manure spreaders used with this technology.

KEY WORDS: manure spreaders, mobile transhipper, specialization of functions of the transport and distribution complex, soil compaction, reduction of specific amount of metal per structure.

В Доктрине продовольственной безопасности России указаны основные параметры самообеспеченности продуктами, которые необходимо достичь в среднесрочной перспективе. Для достижения индикаторов, заложенных в Доктрине ... (по удовлетворению нужд населения в продуктах питания за счет собственного производства, расширению экспортного потенциала), требуется ежегодно производить 140-150 млн т зерна (в 2017 г. уже получено более 130 млн т зерна), 48-50 млн т молока, 12 млн т мяса (в убойной массе) [1, 3].

Чтобы решить поставленные перед отраслью задачи, необходимо прежде всего значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Одним из агроприемов, способствующих росту урожайности, является повышение плодородия почвы, что, в свою очередь, достигается своевременным и качественным внесением удобрений.

В современных условиях, прежде чем использовать удобрения, следует проанализировать существующие технологии их внесения и основные требования, предъявляемые к транспортно-распределительному процессу:

- обязательно надо иметь навозохранилище, так как в этом случае почти полностью исключаются потери питательных веществ для культурных растений;

- навоз из хранилища в транспортные средства следует загружать погрузочными средствами периодического действия (они имеют в настоящее время максимальную производительность);

- в поле использовать кузовные разбрасыватели, так как только они обеспечивают качественное распределение удобрений по полю, соответствующее агротребованиям, а расстояние перевозки от места их загрузки до места внесения должно быть минимальным;

- транспортировку от места хранения удобрений до места их внесения следует осуществлять автомобильными или тракторными самосвальными или саморазгружающимися поездами большой грузоподъемности;

- между транспортными и распределительными средствами не должно быть жесткой связи как по времени, так и по грузоподъемности.

Целью исследования является поиск возможностей повышения производительности навозоразбрасывателей при одновременном снижении энергозатрат и отрицательных воздействий ходовых систем машин на почву.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие **задачи**:

- повысить производительность производственной линии внесения твердого навоза (за счет специализации функций транспортно-технологического процесса), а также качество распределения твердого навоза (за счет использования кузовных навозоразбрасывателей, так как только их работа отвечает агротребованиям);

- снизить энергозатраты на эксплуатацию навозоразбрасывателей (за счет оптимизации их грузоподъемности и сокращения холостых переездов), а также уплотнение почвы (за счет контролируемого движения агрегатов по полю).

Объектом исследования являются технологические схемы внесения удобрений и различные типы навозоразбрасывателей, **предметом исследования** – основные технологические схемы внесения удобрений и основные параметры навозоразбрасывателей (грузоподъемность, рабочая ширина захвата и рабочая скорость движения).

Научная гипотеза: применение навозоразбрасывателей с оптимальными параметрами в технологических схемах со специализацией функций транспортно-технологического процесса позволит повысить производительность производственной линии внесения твердого навоза, снизить энергозатраты и прямые затраты средств, а также уменьшить отрицательное воздействие ходовых систем этих машин на почву.

В любом транспортно-технологическом процессе есть главные и подчиненные звенья. Главное звено обычно определяет качество и производительность производственной линии. В нашем случае это будут навозоразбрасыватели.

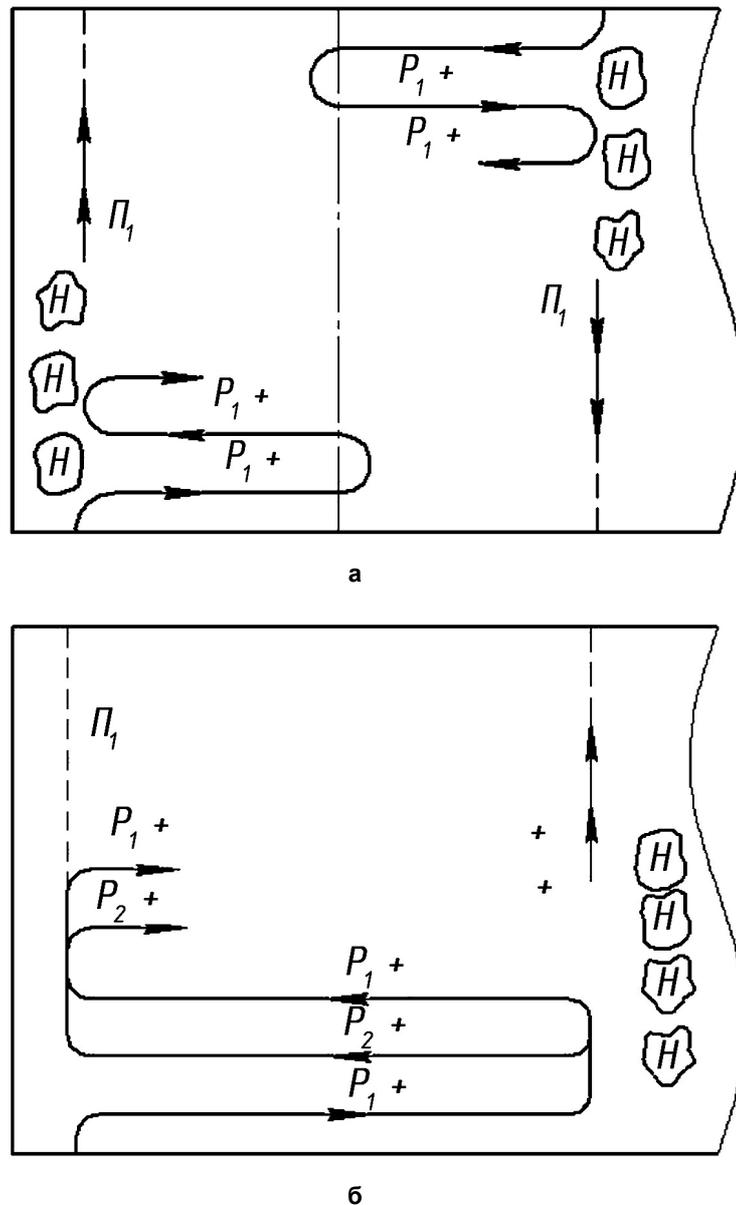


Рис. 1. Схема подготовки поля при работе с перегрузочным агрегатом ДТ-75М + ПНД-250:
 а – с одним перегрузчиком; б – с двумя перегрузчиками;
 Н – валок из куч; П→ – направление движения перегрузчика;
 Р+ – направление движения навозоразбрасывателя

Какие навозоразбрасыватели должны покупать сельхозпредприятия? Это зависит от многих факторов. Прежде всего, надо знать условия работы: состав тракторного парка, который будет агрегатироваться с навозоразбрасывателями, дозы внесения, технологические схемы, по которым будут работать эти навозоразбрасыватели, и многие другие факторы. Прежде чем определять параметры навозоразбрасывателей, выберем технологические схемы транспортно-распределительного комплекса (ТРК), которые бы отвечали современным требованиям, указанным выше. Так, для внесения твердого навоза лучше использовать транспортно-распределительные комплексы со специализацией функций транспортного процесса, который подробно описан в работах [2, 3].

Сущность способа внесения твердого навоза заключается в следующем.

Поле, на которое необходимо внести органические удобрения, разбивается на загонки, по краям которых образуют валки твердого навоза (рис. 1). Расстояние между валками зависит от грузоподъемности и рабочей ширины захвата навозоразбрасывателя, а также дозы внесения удобрения (см. табл.).

Расстояние между валками твердого навоза на поле, м

Доза внесения навоза, кг/м ²	Расстояние между валками при использовании разбрасывателей		
	РОУ-5	ПРТ-10	ПРТ-16
2	600	1000	1600
4	300	500	800
6	200	330	530

На месте хранения навоз грузят одним или двумя погрузчиками большой производительности в автомобильный или тракторный самосвальный поезд (любой грузоподъемности), который транспортирует навоз до поля и разгружает в валок. Перегрузчик непрерывного действия (типа МПК-Ф-1, ПНД-250), перемещаясь по валку, загружает его в ряд идущий кузовной навозоразбрасыватель, который затем распределяет удобрение по полю.

Если используется один перегрузчик, то половина органики распределяется при движении в одном направлении, а другая половина – в обратном (рис. 1, а). При использовании двух перегрузчиков распределение всего кузова навоза происходит при движении в одном направлении. Загрузившись у второго перегрузчика, он вновь возвращается к первому (рис. 1, б). Далее цикл повторяется.

При использовании перегрузчика навоз в кузове распределяется равномерно, что затем положительно сказывается на его распределении по полю. Он хорошо измельчает навоз, исключает возможность попадания в кузов навозоразбрасывателя посторонних предметов, что снижает затраты энергии агрегата на распределение органики, предотвращает поломку рабочих органов. С одним погрузчиком непрерывного действия могут работать два-три навозоразбрасывателя (в зависимости от дозы внесения удобрений).

Предлагаемая технология требует создания линии большой производительности при хорошем качестве внесения навоза и сокращении затрат труда и средств. Увеличение производительности машин становится возможным в результате специализации их функций (транспортные средства – подвозят, а навозоразбрасыватели – распределяют навоз), что в несколько раз увеличивает производительность машин (за счет сокращения холостых переездов) и уменьшает потребность в них.

Ввод в производственную линию перегрузчика непрерывного действия ликвидирует жесткую связь между навозоразбрасывателями и транспортными средствами. Это сокращает простой машин из-за их несогласованной работы.

При такой технологии значительно снижается уплотнение почвы, так как транспортные средства перемещаются по краю поля или по полю, но каждый раз по одному и тому же следу. До минимума сводится холостое перемещение разбрасывателя.

Для достижения поставленной цели было принято решение использовать метод оптимального проектирования.

К оптимальным параметрам навозоразбрасывателя относятся его грузоподъемность, рабочая ширина захвата и рабочая скорость движения. Для их определения необходимо обосновать технологическую схему построения транспортно-распределительного процесса, а для этого следует разделить транспортирование и распределение материала (специализация функций транспортного процесса). Такое построение транспортно-распределительного процесса (ТРП) позволяет резко увеличить производительность как транспортных, так и распределительных средств, но потребует использование дополнительных технических средств для сочленения транспортных средств с навозоразбрасывателями. Нами была разработана такая технологическая схема [2], которая успешно прошла проверку в производственных условиях.

Отделение распределения от транспортирования, специализация функций во многих случаях дают большой эффект. Объясняется это тем, что к транспортированию и распределению предъявляются различные требования. Чем больше грузоподъемность транспортных средств, тем меньше удельные затраты энергии и средств на перемещение материала.

Исходя из ранее предложенного транспортно-распределительного процесса распределения удобрений – перегрузочного, транспортировать навоз будем одними машинами, а распределять другими. Навозоразбрасыватели будут использоваться только по назначению. Наша задача состоит в том, чтобы из большого количества выпускаемых в мире навозоразбрасывателей подобрать такие, которые лучшим образом подходили бы к заданным условиям эксплуатации через оптимизацию грузоподъемности навозоразбрасывателя.

Поэтому производственная формулировка задачи сформулирована следующим образом: выбрать наилучший навозоразбрасыватель для условий работы в ЦЧР, который бы имел рациональную рабочую ширину захвата, рабочую скорость движения и наилучшую цикловую производительность за счет оптимизации его грузоподъемности при качестве распределения твердого навоза, соответствующем агротребованиям.

Одним из главных параметров при распределении навоза кузовным навозоразбрасывателем является его грузоподъемность. От этого параметра зависят уплотнение почвы, грузооборот материала и машин, затраты энергии [2], производительность навозоразбрасывающего агрегата, а следовательно, и затраты средств на распределение.

Многие исследования посвящены обоснованию оптимальной грузоподъемности навозоразбрасывателя [4, 6–10]. Следует отметить, что авторами в этих публикациях грузоподъемность разбрасывателя рассчитывалась для конкретного тягового класса трактора, но без учета технологической схемы процесса, в которой должен быть использован навозоразбрасыватель. Поэтому перед нами стояла задача обосновать грузоподъемность разбрасывателя при внесении навоза по перегрузочной технологии. При этой технологии навозоразбрасыватель в основном выполняет только распределительную функцию и лишь незначительную часть времени цикла – транспортную (подъезд и отъезд к перегрузчику для загрузки, повороты).

В оптимальном проектировании очень важен выбор критерия эффективности, зависящий от поставленной цели и условий, для которых производится решение [5].

Наиболее подходящим для этой задачи в данный момент, учитывая дефицит навозоразбрасывателей и нехватку механизаторов, является критерий – цикловая производительность.

Выразим цикловую производительность распределительного агрегата ($\omega_{ц}$) через грузоподъемность навозоразбрасывателя Q_p

$$\omega_{ц} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau_{ц}, \quad (1)$$

где B_p – рабочая ширина захвата навозоразбрасывателя, м;
 V_p – рабочая скорость движения навозоразбрасывателя, м/с;
 $\tau_{ц}$ – коэффициент использования времени цикла.

Исходя из номинальной мощности двигателя трактора ($N_{ен}$) и степени ее использования $[\xi_N]$ определим V_p

$$V_p^{Ne} = \frac{N_{ен} \cdot [\xi_N] - \frac{N_{вом}}{\eta_{вом}}}{\frac{R_p + M_{тр} \cdot g \cdot (f+i) \cdot 10^{-3}}{\eta_{мг} \cdot \eta_{б}}}, \quad (2)$$

где $N_{ен}$ – номинальная мощность двигателя трактора, кВт;
 $[\xi_N]$ – допустимая степень загрузки двигателя;
 $\eta_{мг}$, $\eta_{вом}$, $\eta_{б}$ – КПД трансмиссии, привода ВОМ и буксования;
 f – коэффициент сопротивления трактора перекачиванию;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 $N_{вом}$ – затраты мощности на привод рабочих органов навозоразбрасывателя, кВт;
 R_p – тяговое сопротивление навозоразбрасывателя при движении на подъем, кН;
 $M_{тр}$ – эксплуатационная масса трактора, кг.

По данным [5],

$$N_{вом} = \frac{P d_o B_p V_p}{\gamma_m}, \quad (3)$$

где P – удельное сопротивление навоза измельчению, кН/м²;
 B_p – рабочая ширина захвата навозоразбрасывателя, м;
 d_o – доза внесения удобрений, кг/м²;
 γ_m – плотность материала, кг/м³.

$$R_p = G_{эр} (f+i), \quad (4)$$

где $G_{эр}$ – эксплуатационный вес полуприцепного навозоразбрасывателя, кН.

$$G_{эр} = 10^{-3} M_{эр} g, \quad (5)$$

где $M_{эр}$ – эксплуатационная масса полуприцепного навозоразбрасывателя, кг.

Выразим эксплуатационную массу навозоразбрасывателя через его грузоподъемность

$$M_{эр} = M_p + Q_p, \quad (6)$$

где Q_p – грузоподъемность навозоразбрасывателя, кг;
 M_p – масса навозоразбрасывателя, кг.

Между массой навозоразбрасывателя M_p и его грузоподъемностью Q_p можно принять прямолинейную связь, которую следует в дальнейшем установить.

$$M_p = a + bQ_p, \quad (7)$$

где a , b – постоянные величины.

Окончательно

$$M_{\text{эп}} = a + (1 + b)Q_p. \quad (8)$$

После определения всех составляющих выражения (2) рабочая скорость равна

$$V_p = \frac{N_{\text{сн}} \cdot [\xi_N] \gamma_M \eta_{\text{вoм}} \eta_{\text{мг}} \eta_{\text{б}}}{10^{-3} g \cdot (f + i) \gamma_M \eta_{\text{вoм}} [a + (1 + b)Q_p + M_{\text{тр}}] + Pd_o B_p \eta_{\text{мг}} \eta_{\text{б}}}, \quad (9)$$

С упрощением выражения (9) рабочая скорость будет определяться как

$$V_p = \frac{A}{B + BQ_p}, \quad (10)$$

где $A = N_{\text{сн}} \cdot [\xi_N] \gamma_M \eta_{\text{вoм}} \eta_{\text{мг}} \eta_{\text{б}}$;

$B = 10^{-3} g \cdot (f + i) \gamma_M \eta_{\text{вoм}} [a + M_{\text{тр}}] + Pd_o B_p \eta_{\text{мг}} \eta_{\text{б}}$;

$B = 10^{-3} g \cdot (f + i) \gamma_M \eta_{\text{вoм}} (1 + b)$.

Далее определим $\tau_{\text{ц}}$

$$\tau_{\text{ц}} = \frac{t_p}{t_p + t_{\text{пов}} + t_{\text{то}}}, \quad (11)$$

где t_p , $t_{\text{пов}}$, $t_{\text{то}}$ – соответственно время распределения холостого движения с грузом и без груза и загрузки навозоразбрасывателя, с.

Определим эти составляющие

$$t_z = \frac{Q_p}{\omega_{\text{п}}}; \quad t_{\text{дг}} \approx t_{\text{дл}} = \frac{\ell_{\text{д}}}{V_{\text{д}}}; \quad t_p = \frac{Q_p}{B_p d_o V_p}, \quad (12)$$

где $\omega_{\text{п}}$ – эксплуатационная производительность перегрузчика, кг/с;

$\ell_{\text{д}}$ – путь движения навозоразбрасывателя с грузом и без груза, м;

$V_{\text{д}}$ – скорость движения распределяющего агрегата при холостом движении, м/с.

В соответствии с принятой перегрузочной технологией распределения навоза

$$\ell_{\text{д}} = 2(1,7 R_o + 2e) + 7 R_o + 2e, \quad (13)$$

где R_o – радиус поворота агрегата, м;

e – величина выезда агрегата, м.

Для полуприцепных агрегатов

$$e = (0,25 \dots 0,75) \ell_a, \quad (14)$$

где ℓ_a – кинематическая длина распределяющего агрегата, м.

$$\ell_a = \ell_{\text{т}} + \ell_{\text{п}}, \quad (15)$$

где $\ell_{\text{т}}$, $\ell_{\text{п}}$ – соответственно кинематическая длина трактора и навозоразбрасывателя, м.

$$\ell_{\text{д}} = 10,4 R_o + 3(\ell_{\text{т}} + \ell_{\text{п}}). \quad (16)$$

Тогда

$$\tau_{ц} = \frac{(B + BQ_p)Q_p V_d \omega_{п}}{(B + BQ_p)Q_p V_d \omega_{п} + \ell_d \omega_{п} B_p A d_o + B_p d_o A V_d Q_p}. \quad (17)$$

Далее определим $\omega_{ц}$ и после преобразований получим

$$\omega_{ц} = \frac{0,36 B_p A V_d \omega_{п} Q_p}{(B + BQ_p)Q_p V_d \omega_{п} + \ell_d \omega_{п} B_p A d_o + B_p d_o A V_d Q_p}. \quad (18)$$

Для определения зависимости конструктивной массы навозоразбрасывателя от его грузоподъемности обработаем технические характеристики разбрасывателей, выпускаемых в различных странах мира. Построим корреляционную зависимость, используя программу «Statistica» (рис. 2).

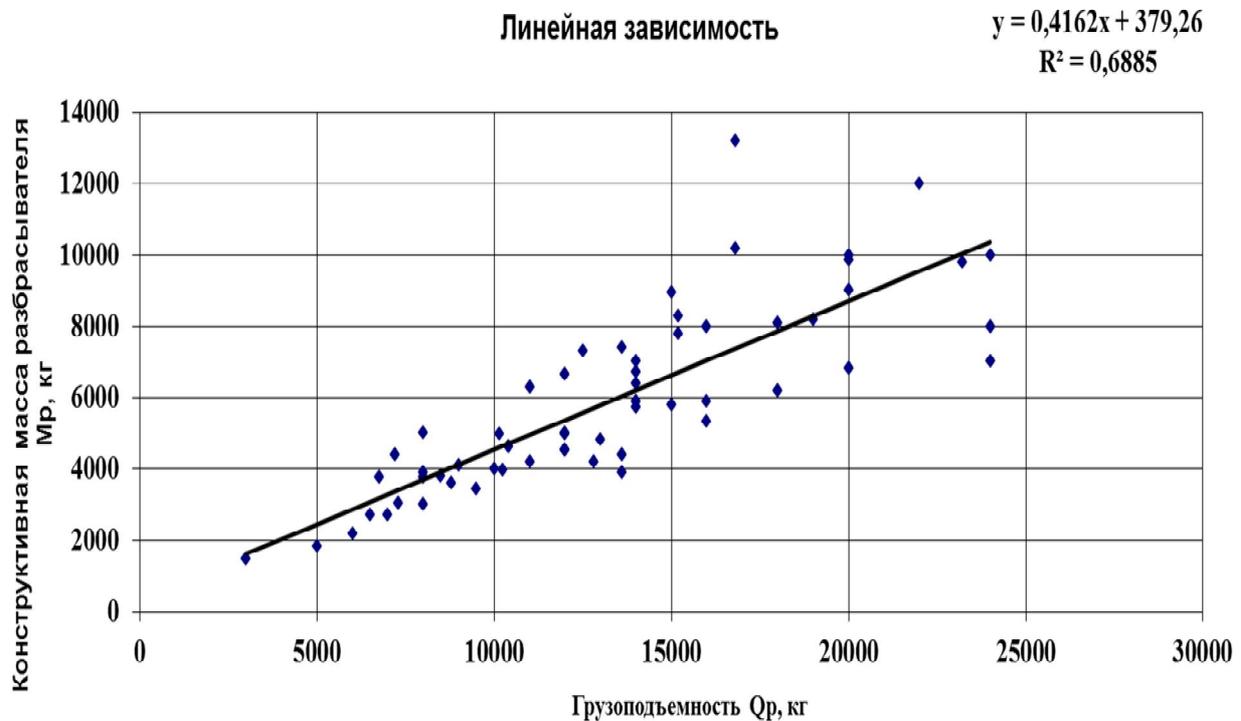


Рис. 2. Зависимость конструктивной массы навозоразбрасывателя от его грузоподъемности (коэффициент корреляции 0,83)

Для определения оптимального значения грузоподъемности навозоразбрасывателя возьмем частную производную выбранного критерия и приравняем ее к нулю. Получим аналитические выражения Q_p^{opt} для различных типов разбрасывателей.

$$\frac{\partial \omega_{цi}}{\partial Q_{pi}} \approx 0.$$

После выполнения необходимых расчетов оптимальная грузоподъемность разбрасывателя твердого навоза полуприцепного типа равна

$$Q_p^o = \sqrt{\frac{N_{ен} [\xi_N] \eta_{мг} \eta_{\sigma} B_p d_o [10,4 R_o + 3(\ell_T + \ell_p)]}{10^{-3} q \cdot (f + i)(1 + b)}}. \quad (19)$$

Определим оптимальную грузоподъемность полуприцепного разбрасывателя твердого навоза для условий ЦЧР. В качестве источника энергии возьмем трактор John Deere 8420:

$N_{\text{сн}} = 198 \text{ кВт};$
 $[\xi_N] = 0,95;$
 $B_p = 4 \dots 24 \text{ м};$
 $d_o = 1 \dots 6 \text{ кг/м}^2;$
 $\eta_{\text{мг}} = 0,9;$
 $\eta_6 = 0,96;$
 $R_o = 7 \text{ м};$
 $l_T = 2,9 \text{ м};$
 $l_p = 8,5 \text{ м};$
 $f = 0,12;$
 $i = 0,03;$
 $b = 0,416;$
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2.$

Результаты расчетов представлены на рисунке 3.

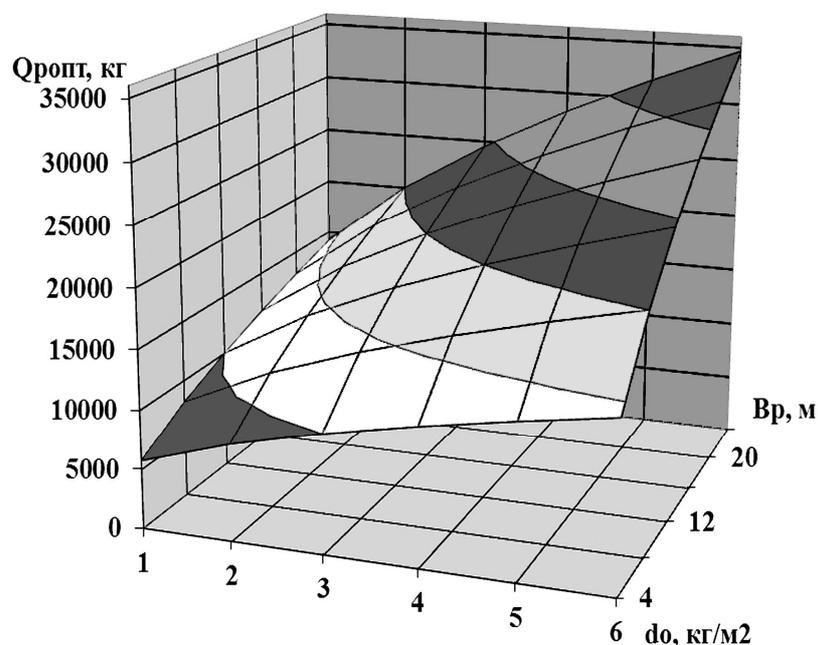


Рис. 3. Зависимость оптимальной грузоподъемности $Q_{p, \text{опт}}$ полуприцепного навозоразбрасывателя твердого навоза от дозы внесения d_o и рабочей ширины захвата B_p

Выводы

В ходе выполнения исследований была разработана методика определения оптимальной грузоподъемности полуприцепного навозоразбрасывателя твердого навоза с учетом технологии внесения и специализации функций транспортно-распределительного процесса (расчет выполнен для трактора John Deere 8420 и почвенно-климатических условий ЦЧР).

Для внесения навоза рекомендуется использовать перегрузочную технологию, основанную на специализации функций транспортно-распределительного процесса.

Для перегрузки навоза из ряда куч необходимо разработать перегрузчик непрерывного действия (аналогично свекловичному погрузчику Rora, имеющему ширину захвата 5–6 м).

За счет высокой производительности и более низких затрат средств и труда можно сократить потребность в навозоразбрасывателях с рассчитанными параметрами.

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. Дьячков А.П. Погрузчик непрерывного действия / А.П. Дьячков, В.И. Глазков, М.Г. Мацнев // Сельские зори. – 1988. – № 11. – С. 41–42.
3. Ежовский А.А. Техническая и технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013-2020 годы / А.А. Ежовский // Сельскохозяйственная техника и технологии. – 2014. – № 1. – С. 3–6.
4. Завалишин Ф.С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Ф.С. Завалишин. – Москва : Колос, 1973. – 319 с.
5. К вопросу определения грузоподъемности основного бака полуприцепного опрыскивателя / А.П. Дьячков [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – Вып. 1 (48). – С. 56–63.
6. Озол Я.Г. Выбор оптимальных параметров навозоразбрасывателей / Я.Г. Озол // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1965. – № 4. – С. 20–22.
7. Потапов Г.П. Выбор рациональных параметров разбрасывателей удобрений к тракторам класса 1,4; 3 и 5 тс / Г.П. Потапов, Ю.В. Иванов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1974. – № 9. – С. 23–25.
8. Репетов А.Н. Обоснование параметров разбрасывателей удобрений / А.Н. Репетов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. – № 8. – С. 8–9.
9. Скурятин Н.Ф. Разработка метода оптимизации грузоподъемности разбрасывателей органических удобрений в связи с их унификацией : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Н.Ф. Скурятин. – Воронеж, 1976. – 194 с.
10. Якубаускас В.И. Технологические основы механизированного внесения удобрений / В.И. Якубаускас. – Москва : Колос, 1973. – 283 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Анатолий Петрович Дьячков – 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.

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: zemledel@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.

Алексей Дмитриевич Бровченко – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, E-mail: broaldot@yandex.ru.

Андрей Вячеславович Шабанов – магистрант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, E-mail: bikerSAV@yandex.ru.

Иван Николаевич Воробьев – кандидат экономических наук, исполнительный директор ООО «ЭкоНива-Черноземье», Российская Федерация, г. Воронеж, E-mail: ivan.vorobiev@ekoniva.com.

Дата поступления в редакцию 04.12.2017

Дата принятия к печати 20.12.2017

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Anatoliy P. Dyachkov – 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.

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: zemledel@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.

Aleksey D. Brovchenko – 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.

Andrey V. Shabanov – 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, E-mail: bikerSAV@yandex.ru.

Ivan N. Vorobyov – Candidate of Economic Sciences, Executive Director, ООО EkoNiva-Chernozemye, Russian Federation, Voronezh, E-mail: ivan.vorobiev@ekoniva.com.

Date of receipt 04.12.2017

Date of admittance 20.12.2017