

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРКА СТРУКТУРЫ ПОЛУПРИЦЕПНЫХ И ПРИЦЕПНЫХ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

DETERMINATION OF THE STRUCTURE PARK OF SEMITRAILED AND TRAILED MACHINES FOR APPLYING SOLID MINERAL FERTILIZERS

М.Б. ЛАТЫШЕНОК¹, д.т.н.
А.В. ШЕМЯКИН¹, д.т.н.
В.В. ТЕРЕНТЬЕВ¹, к.т.н.
К.П. АНДРЕЕВ¹, к.т.н.
В.А. МАКАРОВ², д.т.н.
О.И. ЖУРАВЛЕВА²

¹ Рязанский государственный агротехнологический университет, Рязань, Россия

² Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Рязань, Россия, vvt62ryazan@yandex.ru

M.B. LATYSHENOK¹, DSc in Engineering
A.V. SHEMYAKIN¹, DSc in Engineering
V.V. TERENCEV¹, PhD in Engineering
K.P. ANDREEV¹, PhD in Engineering
V.A. MAKAROV², DSc in Engineering
O.I. ZHURAVLEVA²

¹ Ryazan State Agrotechnological University Named After Pavel A. Kostychev, Ryazan, Russia

² Institute of Technical Support of Agriculture – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Ryazan, Russia, vvt62ryazan@yandex.ru

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от эффективного использования твердых минеральных удобрений. Эффективность самих минеральных удобрений зависит от способа и качества их внесения (равномерности распределения и места подачи к корням растений). В последние годы на рынке России, ввиду отсутствия политики по выпуску машин отечественного производства, имеется большое количество импортных машин и оборудования для внесения твердых минеральных удобрений, что создает определенные трудности в их обслуживании и эксплуатации. Главным преимуществом прицепных и полунавесных машин, предназначенных для внесения удобрений, является большой объем бункера, снижение нагрузки на трактор и ширина захвата. В статье описываются технологии внесения минеральных удобрений, рассматривается потребность в прицепных и полунавесных машинах при соответствующих затратах рабочего времени и определения балансовой стоимости машин на заводе-изготовителе. При исследовании существующих технологий внесения удобрений, объемов и сроков внесения, потребного количества транспортных средств, а также технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей, были рассмотрены пять вариантов исходных условий, отличающихся один от другого степенью учета реальной ситуации. В результате было получено расчетное число машин необходимых для каждого варианта. На основе проведенного исследования были сделаны выводы о том, что для качественного использования технологий внесения твердых минеральных удобрений необходимо сократить потери рабочего времени, сократить простои транспортных средств по эксплуатационным причинам, обеспечить производителей сельскохозяйственной продукции высокопроизводительными разбрасывателями и погрузчиками.

Ключевые слова: минеральные удобрения, технология внесения, машина для внесения, методические рекомендации.

The yield of crops depends on the effective use of solid mineral fertilizers. The effectiveness of the mineral fertilizers themselves depends on the method and quality of their application (uniform distribution and place of supply to the roots of plants). In recent years, the Russian market has a large number of imported machines and equipment for the application of solid mineral fertilizers, which creates certain difficulties in their maintenance and operation and the lack of a policy for the production of domestically made machines. The main advantage of trailed and semi-mounted machines designed for fertilizer application is a large bunker volume, reduced load on the tractor and the width of the grip. The article describes the technology of mineral fertilizers, considers the need for trailed and semi-mounted machines with the corresponding cost of working time and determine the book value of machines at the manufacturer. In the study of existing technologies of fertilizer application, the volume and timing of application, the required number of vehicles, as well as technical, operational and technical and economic indicators, five baseline options were considered, differing from one another by the degree of consideration of the real situation. As a result, the estimated number of machines required for each option was obtained. Based on the study, it was concluded that for the qualitative use of solid mineral fertilizer application technology, it is necessary to reduce the loss of working time, reduce vehicle downtime for operational reasons, provide agricultural producers with high-performance spreaders and loaders.

Keywords: mineral fertilizers, application technology, application machine, methodical recommendations.

Введение

Стремление сельхозпроизводителей к получению максимальных урожаев явилось основой широкого применения удобрений. Разнообразие почв и возделываемых культур, различие их плодородия требует практически неограниченного сочетания видов и доз минерального питания [1]. Решение этой проблемы осуществляется путем последовательного внесения каждого вида питательных элементов, внесением сложных удобрений или их смесей различных форм и состава (органико-минеральные смеси, смеси твердых и жидких удобрений и ряд других). В этой связи необходимо совершенствование технологий и средств механизации для увеличения урожайности и повышения качества урожая [2, 3].

Твердые минеральные удобрения доставляют в поле и вносят в определенные периоды года, обусловленные агротехническими сроками внесения, под различные культуры в разных природно-производственных зонах России. Твердые минеральные удобрения вносят по прямоточной, перевалочной и перегрузочной технологическим схемам [4].

Рассмотрим данные схемы.

Прямоточная. Удобрения загружают на складе в разбрасыватель, который вывозит их в поле и разбрасывает или заделывает в почву. Такая схема целесообразна при расстоянии от склада до поля не более 5 км и грузоподъемности машин 4–6 т.

Перевалочная. Удобрения, доставляемые со склада транспортными средствами, перегружаются в стационарное полевое хранилище или передвижную полевою емкостью, из которых затем заправляют машины для внесения.

Перегрузочная. Удобрения со склада до поля доставляют транспортными средствами, из которых затем их перегружают в машины для внесения и вносят в поле. Схему применяют при дальности перевозки свыше 5 км и грузоподъемности машин 4–6 т [5].

Последняя имеет разновидности: из обычных транспортных средств удобрения можно перегружать в прицеп-разбрасыватель специальным автомобилем-самосвалом с устройством предварительного подъема кузова; из автомобиля-самосвала общего назначения при помощи передвижной эстакады – в прицепы разбрасыватели.

Цель исследования

Теоретически показать зависимость затрат рабочего времени работы разбрасывателя и транспортных средств от их технических характеристик, а также от допустимых затрат на доставку и внесение удобрений. Установить критерий оптимальности по доставке и внесению удобрений. Привести результаты расчетов этих параметров и потребность в разбрасывателях в зависимости от применяемых технологий, отвечающих агротехническим требованиям [6].

Объекты и методы исследования

При решении задачи предусматривается, что удобрения вносятся подразделениями хозяйств. При этом принимается во внимание, что хозяйства не всегда могут привлечь для внесения удобрений все имеющиеся в их распоряжении тракторы и автомобили-самосвалы в связи с тем, что в эти периоды выполняются и другие виды работ. Учитывается, что в сельском хозяйстве не хватает рабочей силы, а в перспективе она будет увеличиваться, поэтому затраты рабочего времени на внесение удобрений не должны превышать установленных нормативов.

В связи с этим введем ограничения по затратам рабочего времени:

$$\sum_{\bar{J}\bar{j}i} \sum_{\bar{J}\bar{j}ikms} \zeta_{\bar{J}\bar{j}ikms} (Q_j, B_{pj}, v_{pj}) V_{\bar{J}\bar{j}ikms}^{z\tau} / \sum_{kms} V_{kms}^{(z\tau)} \leq Z_{\text{доп}}^{(z\tau)},$$

где $Z_{\bar{J}\bar{j}ikms}$ – затраты рабочего времени разбрасывателя J и транспортных средств \bar{J} при работе по технологической схеме i ; m – длина гона; s – доза внесения; Q_j – грузоподъемность; B_{pj} – рабочая ширина захвата агрегата i ; v_{pj} – рабочая скорость агрегата; $V_{\bar{J}\bar{j}ikms}^{(z\tau)}$ – количество удобрений, которое доставляется транспортным средством \bar{J} и вносится разбрасывателем i в зоне z за период τ по технологической схеме; $V_{kms}^{(z\tau)}$ – количество удобрений, которое необходимо внести в зоне z за период τ ; $Z_{\text{доп}}^{(z\tau)}$ – допустимые затраты рабочего времени на доставку и внесение 1 т удобрений.

Предполагается, что весь выпуск прицепов-разбрасывателей каждого типоразмера сосредоточен на заводе, тогда потребность P_j , годовая загрузка T_{vi} и объем N_j выпуска связаны с планом использования разбрасывателей \bar{J} зависимостями:

$$P_j = \frac{\sum_z \max_{\tau} \sum_{kms} V_{kms}^{(z\tau)}}{[W_{jikms}^{(z\tau)}(Q_j, B_{pj}, v_{pj})]};$$

$$T_{rj} = \frac{1}{P_j} \frac{\sum_{z\tau} T_n^{z\tau} \sum_{jikms} V_{jikms}^{(z\tau)}}{[W_{jikms}^{(z\tau)}(Q_j, B_{pj}, v_{pj})]}; N_j = K_j^b P_j.$$

где $T_n^{(z\tau)}$ – количество рабочих часов в периоде τ зоны z ; K_j^{nb} – коэффициент, связывающий потребности с объемом выпуска разбрасывателей j .

Известны следующие выходные данные: объемы и сроки внесения твердых минеральных удобрений в каждой зоне; природно-производственные условия эксплуатации машин при внесении; технико-эксплуатационные и экономические показатели транспортных средств, свободных от других работ, которые могут быть использованы на внесении удобрений в каждой зоне [7]; предельная грузоподъемность; ширина захвата и рабочая скорость разбрасывателей; зависимость себестоимости изготовления разбрасывателей от их годового выпуска. При этом предполагается, что типаж разбрасывателей существенно не изменяется по районам применения и потребность в них определяется с помощью поправочных коэффициентов.

Данные о сроках, дозах, объемах вносимых удобрений по периодам года, расстояниях при перевозке, длине гонов могут быть получены путем обработки технологических карт. Число машин по зонам в стране распределяется исходя из их количества по состоянию на 2010 г.: для тракторов – пропорционально нормам зональной потребности [8, 9], для автомобилей-самосвалов – пропорционально их фактическому числу в зонах в 2009 г.

Балансовая цена разбрасывателей определяется как:

$$Ц_6 = \varphi \cdot \lambda_n \cdot \mu \sum_{m^1=1}^n S_{m^1},$$

где φ – коэффициент, учитывающий плановую рентабельность завода-изготовителя и стоимость доставки в хозяйство; $\lambda_n = 1,280N^{-0,156}$ – коэффициент серийности, выраженный себестоимостью изготовления от объема выпуска; $\mu = 1,18$ – коэффициент, учитывающий стоимость сборки разбрасывателя; m^1 – номер узла ($m^1 = 1, \dots, n$); S_{m^1} – себестоимость изготовления m^1 узла разбрасывателя.

Критерий оптимальности – минимум суммарных приведенных затрат на выполнение годового объема работ по доставке и внесению твердых минеральных удобрений.

Все перечисленные условия в формализованном виде могут быть учтены в экономико-математической модели. Задача решена применительно к пяти вариантам исходных условий, отличающихся один от другого степенью учета реальной ситуации. Рассмотрим эти варианты.

А (идеальный вариант) – без ограничений по затратам рабочего времени, числу транспортных средств (автомобилей-самосвалов) и тракторов.

Б – без ограничений по затратам рабочего времени, но с ограничением по числу автомобилей-самосвалов и тракторов.

В (реальный) – со всеми ограничениями;

Г – со всеми ограничениями при условии выбора типоразмеров прицепов разбрасывателей из типажа, предусмотренного системой машин до 2020 г.

Д – со всеми ограничениями и при условии выбора типоразмеров прицепов-разбрасывателей из типажа, предусмотренного системой машин до 2020 г.

В вариантах А, Б и В решена задача оптимизации типоразмерного ряда, параметров и структуры парка прицепов-разбрасывателей, в вариантах Г и Д оптимизировалась только структура их парка.

Наиболее полно учитывают реальные условия – ограничения в наличии механизаторов, свободных тракторов и автомобилей – вариант В.

Результаты расчета типов, параметров и потребности в разбрасывателях приведены в таблице.

Расчетное число машин определено при условии, что использование их организовано хорошо, потери рабочего времени по организационным причинам минимальны, обеспеченность высокопроизводительными погрузчиками полная.

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что для качественного использования технологий внесения твердых минеральных удобрений необходимо сократить потери рабочего времени на внесении, сократить простои транспортных средств по эксплуатационным причинам, обеспечить производителей сельскохозяйственной продукции

Таблица

Результаты расчета типов, параметров и потребности в разбрасывателях

Вариант	Тяговый класс трактора, кН	Тип разбрасывателя	Грузоподъемность, т	Ширина захвата, м	Потребность, шт.
А	14	полуприцепной	4,0	12,0	52 628
Б	14	полуприцепной	4,0	12,0	23 817
	14	прицепной	5,0	12,0	28 781
	30	прицепной	12,0	12,0	82 466
	50	прицепной	18,0	12,0	2 360
В	14	полуприцепной	4,0	12,0	18 313
	14	прицепной	5,0	12,0	24 531
	30	прицепной	12,0	12,0	68 619
	50	прицепной	24,0	12,0	23 131
Г	14	полуприцепной	4,0	10,0	17 747
	14	прицепной	5,0	6,0	40 267
	30	прицепной	10,0	10,0	86 842
	50	прицепной	16,0	12,0	5 509
Д	14	полуприцепной	4,0	10,0	18 688
	14	прицепной	4,0	6,0	38 725
	30	прицепной	9,0	7,0	76 122
	50	прицепной	9,0	7,0	823

высокопроизводительными разбрасывателями и погрузчиками, подобранными по результатам расчетов с учетом рассматриваемых зависимостей, типов, параметров и потребности в разбрасывателях. Комплекс машин по внесению, транспортировке и загрузке должен быть увязан по производительности при минимизации функции затрат на простои в технологии применения.

Литература

1. Андреев К.П., Шемякин А.В., Костенко М.Ю., Макаров В.А., Терентьев В.В. Совершенствование центробежных разбрасывателей для поверхностного внесения минеральных удобрений // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 1 (33). С. 54–59.
2. Андреев К.П. Направление совершенствования машин для поверхностного внесения минеральных удобрений // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2017. С. 17–21.
3. Шемякин А.В., Терентьев В.В., Андреев К.П. К вопросу разработки комбинированных разбрасывателей удобрений // В сб.: Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве. Материалы Международной науч.-практ. конф. 2017. С. 202–204.

4. Кленин Н.И., Киселев С.Н., Левшин А.Г. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 2008. 816 с.
5. Андреев К.П. Разработка и обоснование параметров рабочих органов самозагружающейся машины для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений: дис. ... канд. техн. наук; Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Рязань, 2017.
6. Андреев К.П. Влияние неравномерности внесения удобрений на урожайность // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Рязань, 2017. С. 13–17.
7. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. пос. Правдинский: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 270 с.
8. Измайлов А.Ю., Макаров В.А. К вопросу обоснования технико-экономического уровня сельскохозяйственных машин и оборудования // Сельскохозяйственные машины и технологии. М., 2016. С. 3–9.
9. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 г. Том 1. Растениеводство. М.: ВИМ, 2012. 304 с.

References

1. Andreev K.P., Shemyakin A.V., Kostenko M.YU., Makarov V.A., Terent'ev V.V. Improvement of

- centrifugal spreaders for the surface application of mineral fertilizers. Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2017. No 1(33), pp. 54–59.
2. Andreev K.P. The direction of improvement of machines for the surface application of mineral fertilizers. V sbornike: Principy i tekhnologii ehkologizacii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom hozyajstve «Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva» [In the collection: Principles and technologies of ecologization of production in agriculture, forestry and fisheries “Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev”]. 2017, pp. 17–21.
 3. SHemyakin A.V., Terent'ev V.V., Andreev K.P. Development of combined fertilizer spreaders. V sb.: Tekhnicheskoe obespechenie innovacionnyh tekhnologij v sel'skom hozyajstve. Materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. [In collection: Technical support of innovative technologies in agriculture. Materials of the International Scientific Practical Conference]. 2017, pp. 202–204.
 4. Klenin N.I., Kiselev S.N., Levshin A.G. Sel'skohozyajstvennye mashiny [Agricultural machines.]. Moscow: Kolos Publ., 2008. 816 p.
 5. Andreev K.P. Razrabotka i obosnovanie parametrov rabochih organov samozagruzhayushchejsya mashiny dlya poverhnostnogo vneseniya tverdyh mineral'nyh udobrenij : dis. ... kand. tekhn. nauk [Development and substantiation of the parameters of the working bodies of the self-loading machine for the surface application of solid mineral fertilizers: dissertation for degree of Ph.D. (Eng)]; Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva. Ryazan', 2017.
 6. Andreev K.P. The influence of uneven fertilization on yield. V sb.: Principy i tekhnologii ehkologizacii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom hozyajstve [In the collection: Principles and technologies of ecologization of production in agriculture, forestry and fisheries]. Ryazan', 2017, pp. 13–17.
 7. Iskhodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operacii v rastenievodstve [Baseline requirements for basic machine process operations in crop production]. Pos. Pravdinskij: FGNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2005. 270 p.
 8. Izmajlov A.YU., Makarov V.A. Substantiation of the technical and economic level of agricultural machinery and equipment. Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. Moscow: 2016, pp. 3–9.
 9. Sistema mashin i tekhnologij dlya kompleksnoj mekhanizacii i avtomatizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva na period do 2020 g. [The system of machines and technologies for the integrated mechanization and automation of agricultural production for the period up to 2020]. Vol. 1. Rastenievodstvo [Crop production]. Moscow: VIM Publ., 2012. 304 p.