

УДК 631.333-52:004.3

Обоснование параметров катушечного дозирующего устройства минеральных удобрений

Бакач Н. Г., к.т.н., доцент, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: Labts@mail.ru

Клыбик В. К., к.т.н., доцент, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: Labts@mail.ru

Пылило И. С., научный сотрудник, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: Labts@mail.ru

Аннотация

Цель. Обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы катушечного дозирующего устройства для дифференцированного внесения минеральных удобрений.

Методы. Теоретические исследования проводились с использованием механико-математического моделирования и методов дифференциального и интегрального исчисления.

Результаты. Установлено, что для внесения малых доз минеральных удобрений в пределах от 20 до 200 кг/га, которые необходимо обеспечивать при применении технологии точного земледелия, следует применять катушечные высевающие устройства с изменяемой удельной производительностью. Обеспечить изменение производительности можно перекрытием части катушки заслонкой, что позволит уменьшить рабочую длину и соответственно удельную производительность катушки, не снижая обороты катушечного высевающего аппарата ниже минимального уровня, обеспечивающего заданную равномерность.

Выводы. В результате теоретических исследований предложен катушечный высевающий аппарат для высокоточного дозирования

минеральных удобрений в технологии точного земледелия, обеспечивающий норму внесения от 200 до 1000 кг/га по физической массе в диапазоне частоты вращения катушки от 10 до 50 об/мин и обладающий следующими конструктивными параметрами: удельная производительность составляет от 0,09 до 0,25 кг/об, количество желобков – 12, площадь поперечного сечения одного желобка $S = 104 \text{ мм}^2$.

Для внесения малых норм минеральных удобрений в пределах от 20 до 200 кг/га, которые необходимо обеспечивать при применении технологии точного земледелия, следует применять катушечные высевающие устройства с изменяемой удельной производительностью. Обеспечить изменение производительности можно перекрытием части катушки заслонкой, что позволит уменьшить рабочую ширину и соответственно удельную производительность катушки, не снижая частоты вращения катушечного высевающего аппарата ниже минимального уровня, обеспечивающего заданную равномерность.

Ключевые слова: высевающая катушка, диаграмма, дозирующее устройство, минеральные удобрения, рабочий орган, регулирование дозы.

UDC 631.333-52:004.3

Justification of parameters of coil metering device of fertilizers

Bakach N. G., PhD., docent, RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: Labts@mail.ru

Klybik V. K., PhD., docent, RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: Labts@mail.ru

Pylylo I. S., Researcher, RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: Labts@mail.ru

Annotation

Purpose. Justification of design and technological parameters and operating modes of the coil-

dosing device for the differentiated application of mineral fertilizers.

Methods. Theoretical studies were conducted using mechanical and mathematical modeling and methods of differential and integral calculus.

Results. It is established that for the application of small doses of mineral fertilizers in the range from 20 to 200 kg/ha, which must be provided in the application of precision farming technology, it is necessary to use coil sowing devices with variable specific productivity. To provide a change in performance can be overlapping parts of the coil flap, which will reduce the working length and, accordingly, the specific performance of the coil without reducing the speed of the coil-sifting machine below the minimum level to ensure a given uniformity.

Conclusions. In the theoretical results the proposed coil sowing machine for high-precision dosing of mineral fertilizers in precision farming technology, providing the application rate from 200 to 1000 kg/ha in physical weight in the range of the frequency of rotation of coil from 10 to 50 rev/min

and having the following design parameters: specific capacity ranges from 0.09 to 0.25 kg/rev, the number of grooves 12, the cross-sectional area of one groove $S = 104 \text{ mm}^2$.

For the introduction of small doses of mineral fertilizers in the range from 20 to 200 kg/ha, which must be ensured when applying the technology of precision farming, should be used coil sowing devices with variable specific productivity. A change in productivity can be ensured by overlapping a part of the coil with a gate valve, which will reduce the working length and, accordingly, the specific performance of the coil, without reducing the frequency of revolutions of the coil sowing apparatus below the minimum level that ensures the specified uniformity.

Keywords: meter coil, chart, dosing equipment, mineral fertilizers, working on, adjusting the dosage

УДК 631.333-52:004.3

Обґрунтування параметрів катушкового дозуючого пристрою мінеральних добрив

Бакач М. Г., к.т.н., доцент, РУП «НВЦ НАН Білорусі з механізації сільського господарства», м. Мінськ, Республіка Білорусь, e-mail: Labts@mail.ru

Клибик В. К., к.т.н., доцент, РУП «НВЦ НАН Білорусі з механізації сільського господарства», м. Мінськ, Республіка Білорусь, e-mail: Labts@mail.ru

Пиліло І. С., науковий співробітник, РУП «НВЦ НАН Білорусі з механізації сільського господарства», м. Мінськ, Республіка Білорусь, e-mail: Labts@mail.ru

Анотація

Мета. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи катушкового дозуючого пристрою для диференційованого внесення мінеральних добрив.

Методи. Теоретичні дослідження проводилися з використанням механіко-математичного моделювання та методів диференціального й інтегрального числення.

Результати. Встановлено, що для внесення малих доз мінеральних добрив у межах від 20 до 200 кг/га, які необхідно забезпечувати під час застосування технології точного землеробства, слід застосовувати катушкові висівні пристрої зі змінною питомою продуктивністю. Забезпечити зміну продуктивності можна перекриттям частини катушки заслінкою, що дозволить зменшити робочу довжину і відповідно питому продуктивність катушки, не знижуючи обертів катуш-

кового висівного апарату нижче мінімального рівня, що забезпечує задану рівномірність.

Висновки. За результатами теоретичних досліджень запропоновано катушковий висівний апарат для високоточного дозування мінеральних добрив у технології точного землеробства, що забезпечує норму внесення від 200 до 1000 кг/га за фізичною масою в діапазоні частоти обертання катушки від 10 до 50 об/хв і володіє наступними конструкційними параметрами: питома продуктивність становить від 0,09 до 0,25 кг/об, кількість жолобків – 12, площа поперечного перерізу одного жолобка $S = 104 \text{ mm}^2$.

Для внесення малих норм мінеральних добрив в межах від 20 до 200 кг/га, які необхідно забезпечувати в разі застосування технології точного землеробства, слід застосовувати катушкові висівні пристрої зі змінною питомою продуктивністю. Забезпечити зміну продуктивності можна перекриттям частини катушки

заслінкою, що дозволить зменшити робочу довжину і відповідно питому продуктивність катушки, не знижуючи частоти обертання катушкового висівного апарату нижче мінімального рівня, що забезпечує задану рівномірність.

Ключові слова: висівна катушка, діаграма, дозуючий пристрій, мінеральні добрива, робочий орган, регулювання дози.

Постановка проблеми. Освоєння нових технологій в рослинництві, передбачає диференційоване внесення мінеральних добрив і известкових матеріалів з урахуванням раніше накопчених в ґрунті поживних речовин, неможливо без розробки вітчизняних базових машин з регульованими дозаторами, пристосованими до їх автоматичного управління.

Випускаємі в нинішній час промисловими підприємствами республіки машини для внесення добрив з центробіжними дисковими розподільними органами (РУ-1000, РДУ-1,5, РУ-7000, РУ-3000, РДУ-8,5, МВУ-5), штангові машини РШУ-12, МШВУ-18, РШУ-18, розроблені РУП «НПЦ НАН Білорусі по механізації сільськогосподарського господарства», вимагають постійної оперативної налаштування в залежності від типу добрив, вимоги дози внесення і не здатні змінювати дозу вносимих добрив в процесі роботи.

Обладнання цих машин дозувальними пристроями, управляємими мікропроцесорними електронними системами, дозволить повністю автоматизувати процес диференційованого внесення добрив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При диференційованому внесенні добрив враховується внутріпольна варіабельність параметрів плодючості і для забезпечення рослин необхідним кількістю поживних елементів доводиться в широких межах від 10 до 140 кг діючої речовини на гектар змінювати дози внесення, в зв'язі з чим суттєво зростають вимоги до дозувальним системам машин.

Для обґрунтування параметрів дозувального пристрою необхідно знати діапазон зміни норм внесення доз добрив по фізичній масі $D_{ф.м.мін} \dots D_{ф.м.макс}$ [1, 2]. Виходячи з заданого діапазону, визначають

секундну подачу добрив і основні технологічні параметри висівальних пристроїв, такі як робочий об'єм і частота обертання катушки.

Значення $D_{ф.м.мін} \dots D_{ф.м.макс}$, з урахуванням планованої урожайності, визначаються вмістом елементів поживності в пахотному шарі конкретного поля і їх варіабельністю, іншими параметрами плодючості поля і залежать також від методу, використовуваного для розрахунку доз. При порівняно великих значеннях плодючості $D_{ф.м.мін}$ намагається к 0. Значення $D_{ф.м.макс}$ обумовлюються наявністю ділянок поля з найменшим вмістом елементів поживності в ґрунті. Усього в рослинництві застосовують близько 30 найменувань мінеральних добрив, відрізняються не тільки хімічною формулою і вмістом діючих речовин, але і фізико-механичними властивостями. У найбільш поширених добрив основні норми внесення складають від 100 до 1000 кг/га і підкормочні – від 20 до 150 кг/га [3–4]. Отже, $D_{ф.м.макс}$ в фізичній масі досягає 1000 кг/га.

Ціль досліджень. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи катушкового дозувального пристрою для диференційованого внесення мінеральних добрив.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження проводились з використанням механіко-математичного моделювання і методів диференціального і інтегрального числення.

Результати досліджень. Для обґрунтування параметрів катушкового дозувального пристрою побудуємо графік залежності удільної продуктивності катушкового висівального апарату від його частоти обертання при різних нормах внесення мінеральних добрив (рис. 1).

При побудові графіка прийняті наступні початкові дані: робоча швидкість руху відповідає максимально допустимій по агротехнічним вимогам і дорівнює 3,3 м/с; робоча ширина захопту однієї катушки становить 25 см; максимальна доза вносимих мінеральних добрив – 1000 кг/га по фізичній масі.

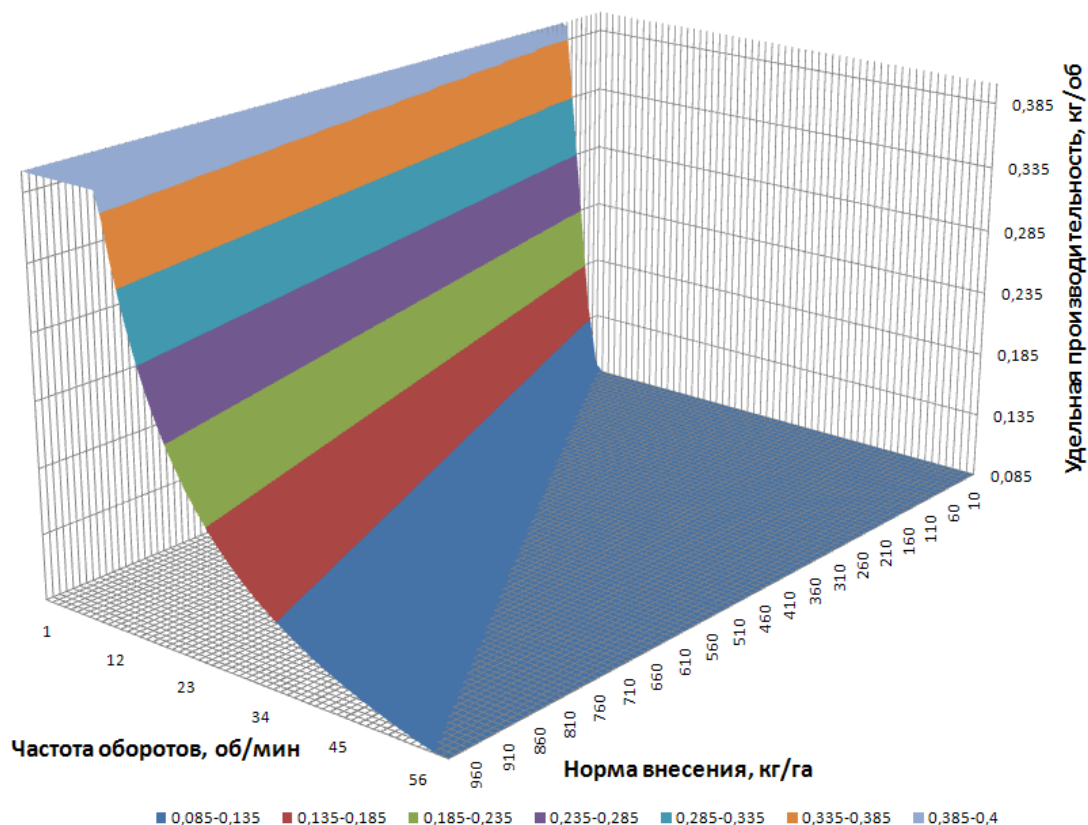


Рис. 1. Диаграмма зависимости удельной производительности катушечного высевающего аппарата от частоты вращения катушки при различных нормах внесения минеральных удобрений
Fig. 1. Dependency diagram of the specific productivity of the seeding machine coil from rotation frequency of the coil at various norms of mineral fertilizers entering

Из диаграммы следует, что с увеличением рабочего объема катушки требуется меньшее число оборотов для достижения максимальной нормы внесения минеральных удобрений, однако для малых доз удобрений частота вращения катушки становится столь мала, что резко возрастает неравномерность внесения минеральных удобрений.

Изучив опыт эксплуатации штанговых машин для внесения минеральных удобрений МШВУ-18 и РШУ-18, на которых установлены гидромоторы с червячным редуктором, обеспечивающие диапазон частоты вращения от 10 до 35 об/мин, и литературные источники по катушечным высевающим устройствам, можно принять нижнюю частоту вращения на уровне 10 об/мин, так как дальнейшее снижение частоты повлечет за собой ухудшение равномерности внесения минеральных удобрений.

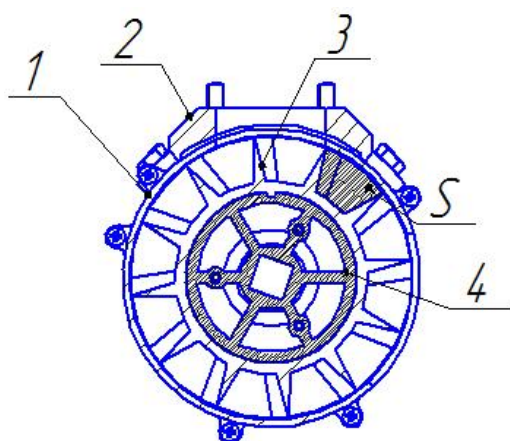
Исследование процесса высева катушечным аппаратом показало, что в его работе можно схематически различать три вида движения потока минеральных удобрений: самопроизвольное (свободное), принудитель-

ное и активное. Активное движение минеральных удобрений обуславливается перемещением его под действием импульса катушки [5]. Активный поток удобрений не предназначен непосредственно для внесения, но участвует в нем, присоединяется к принудительному высеву и играет весьма значительную роль в общем процессе, так, например, при увеличении частоты вращения вала катушки до 50 об/мин объем активного слоя увеличивается [6]. В тоже время, если частота вращения превысит 60 об/мин, будет наблюдаться недостаток удобрений в зоне отбора удобрений катушкой и равномерность высева снизится.

На основе данных диаграммы (рис. 1) определяем, что для обеспечения всего диапазона норм внесения минеральных удобрений наиболее подходящими являются катушки, обеспечивающие за один оборот высев материала массой от 0,06 до 0,1 кг. При внесении такими катушками малых доз минеральных удобрений в пределах от 20 до 200 кг/га по физической массе, которые

необходимо забезпечувати при примененні технології точного земледілля, частота вращення знижується нижче допустимой до 0,2–9 об/мин.

Компенсувати зниження частоти вращення катушки можна примененням катушечных высевачих устройств с изменяемой удельной производительностью. Такое изменение производительности можно достичь перекрытием части катушки заслонкой, что позволит уменьшить удельную производительность катушки, но повысить частоту вращення катушечного высевачего аппарата до минимального уровня, обеспечивающего заданную равномерность.



Так как площадь поперечного сечения S одного желобка прямо пропорционально зависит от удельной массы высевачего материала за оборот катушки и обратно пропорционально – от ширины катушки и количества желобков, получим выражение:

$$S = \frac{M \cdot k}{l \cdot n \cdot p'}$$

где M – удельная масса высевачего материала за оборот катушки, кг/об;
 k – коэффициент наполняемости желобков;
 l – ширина катушки, м;
 n – количество желобков катушки, шт.;

Накопленный в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» опыт по разработке и использованию катушечных высевачих аппаратов штанговых машин для внесения минеральных удобрений (МШВУ-18 и РШУ-18) подтверждает их высокие эксплуатационные показатели. Кроме того, данные аппараты подтвердили свои технические характеристики в процессе испытаний и могут быть использованы в качестве прототипа новой катушки, для которой необходимо лишь рассчитать объем желобков.

Конструктивно катушка состоит из четырех секций и имеет 12 желобков (рис. 2). Ширина катушки составляет 6,5 см.

Рис. 2. Высевачая катушка:

- 1 – корпус блока подачи удобрений;
- 2 – кронштейн; 3 – гребень крыльчатки;
- 4 – основание крыльчатки с отверстием под приводной вал;
- S – площадь поперечного сечения желобка катушки

Fig. 2. Seeding coil:

- 1 – the housing of the fertilizer supply unit;
- 2 – bracket; 3 – ridge of impeller;
- 4 – the base of the impeller with a hole under the drive shaft;
- S – the cross-sectional area of the coil trough

p – объемная плотность минеральных удобрений, кг/м³ (для аммиачной селитры равна 1,73 г/см³ = 1730 кг/м³).

Площадь поперечного сечения одного желобка будет равна:

$$S = \frac{0,1 \cdot 0,7}{0,065 \cdot 12 \cdot 1730} = 0,000052 \text{ м}^2 = 52 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, при максимальной норме внесения удобрений масса высевачего материала за оборот катушки равна 0,1 кг и площадь поперечного сечения одного желобка будет составлять 52 мм².

Для данной катушки на рисунке 3 представлена графическая зависимость частоты вращення катушки от нормы внесения минеральных удобрений.

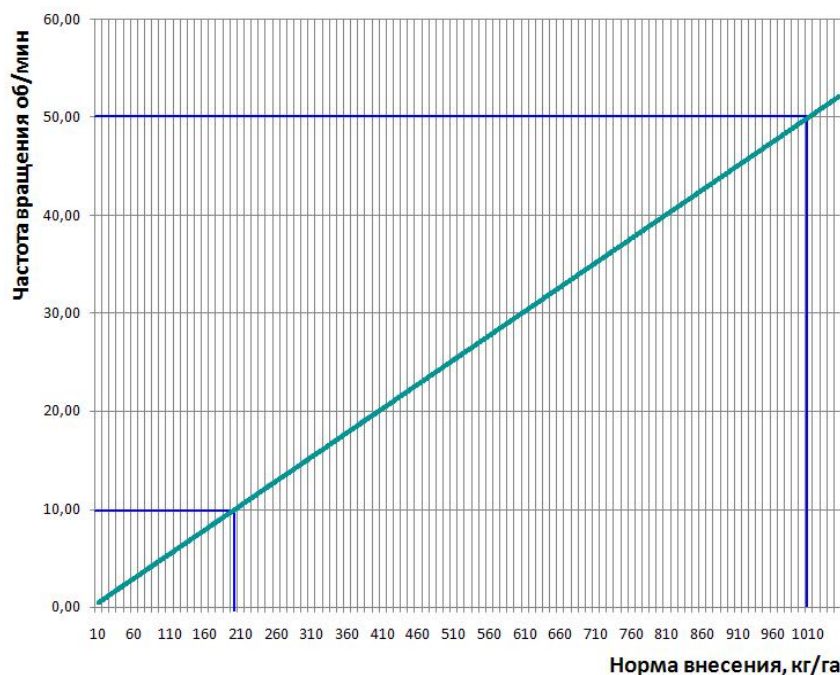


Рис. 3. Графическая зависимость частоты вращения катушки от нормы внесения минеральных удобрений

Fig. 3. Graphic dependence of the rotational speed of the coil on the norm of mineral fertilizers introduction

В результате проведенных расчетов установлено, что катушечный высевальный аппарат с удельной производительностью 0,1 кг за один оборот и площадью поперечного сечения желобка 58 мм² удовлетворяет требованиям по частоте вращения от 10 до 50 об/мин в диапазоне внесения минеральных удобрений от 200 до 1000 кг/га.

Для обоснования параметров катушечного дозирующего устройства по теоретическим данным с помощью математического моделирования построим диаграмму зависи-

мости производительности катушечного высевального аппарата от его частоты вращения при различных положениях заслонки (рис. 4).

При построении диаграммы приняты следующие исходные данные: рабочая скорость движения соответствует максимально допустимой по агротехническим требованиям и равна 3,3 м/с, рабочая ширина захвата одной катушки составляет 25 см, минимальная норма вносимых минеральных удобрений – 20 кг/га, максимальная – 1000 кг/га по физической массе.

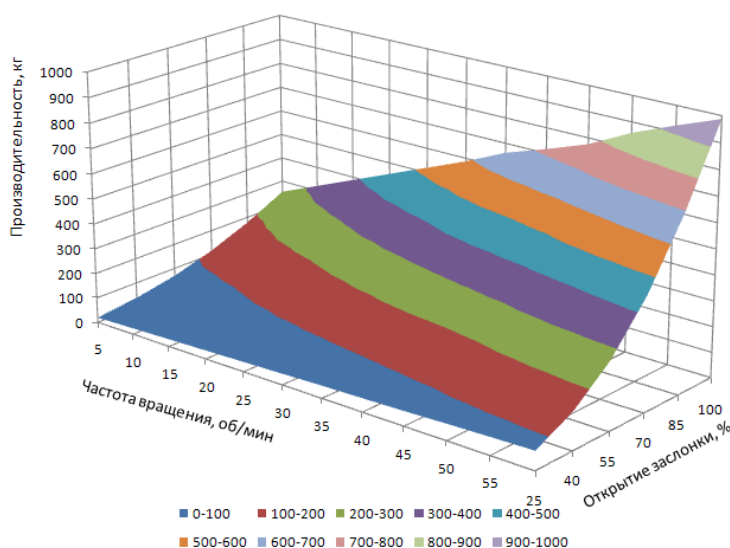


Рис. 4. Диаграмма зависимости производительности катушечного высевального аппарата от частоты вращения катушки при различных положениях заслонки

Fig. 4. The diagram of dependence of productivity of the coil sowing device on frequency of rotation of the coil at various positions of the flap

Из диаграммы следует, что с уменьшением рабочего объема катушки, перекрытием ее заслонкой, требуется большая частота вращения для достижения заданной нормы внесения минеральных удобрений, следовательно, для малых норм внесения удобрений частота вращения катушки останется в теоретически обоснованных пределах, что не повлияет на равномерность внесения.

Выводы. В результате теоретических исследований предложен катушечный высевочный аппарат для высокоточного дозирования минеральных удобрений в технологии точного земледелия, обеспечивающий норму внесения от 200 до 1000 кг/га по физической массе в диапазоне частоты вращения катушки от 10 до 50 об/мин и обладающий следующими конструктивными параметрами: удельная производительность составляет от 0,09 до 0,25 кг/об, количество желобков – 12, площадь поперечного сечения одного желобка $S = 104 \text{ мм}^2$.

Для внесения малых норм минеральных удобрений в пределах от 20 до 200 кг/га, которые необходимо обеспечивать при применении технологии точного земледелия, следует применять катушечные высевочные устройства с изменяемой удельной производительностью. Обеспечить изменение производительности можно перекрытием части катушки заслонкой, что позволит уменьшить рабочую ширину и соответственно удельную производительность катушки, не снижая частоты вращения катушечного высевочного аппарата ниже минимального уровня, обеспечивающего заданную равномерность.

Бібліографія

1. Батурич В. А. Обоснование параметров высевочной системы для припосевного дифференцированного внесения минеральных удобрений: дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 193 с.
2. Степук Л. Я., Петровец В. Р., Персикова Т. Ф. Технические, экономические и организационные аспекты дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 19–20 октября 2011 г.)* / НАН Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Минск, 2011. Т. 1. С. 67–78.
3. Белинский А. В. Разработка теории и технических средств для поверхностного внесения

удобрений и мелиорантов: дис. ... д-ра техн. наук. Казань, 2005. 398 с.

4. Забродин В. П. Контроль и управление процессами внесения минеральных удобрений. Ростов-на-Дону: ООО «Терра»; НПК «Гефест», 2003. 124 с.
5. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы (2-е издание). М.: Колос, 1980. 671 с.
6. Катушечно-штифтовый туковывсевающий аппарат / С. О. Нукешев, С. К. Тойгамбаев, Н. Н. Романюк, А. М. Сугирбай. *Сборник научных работ VII Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, июль 2015)*. М.: ЕНО, 2015. С. 24–27.

Bibliografia

1. Baturin V. A. Obosnovanie parametrov vysevoyushchej sistemy dlya priposevnogo differencirovannogo vneseniya mineral'nyh udobrenij: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2012. 193 s.
2. Stepuk L. YA., Petrovec V. R., Persikova T. F. Tekhnicheskie, ehkonomicheskie i organizacionnye aspekty differencirovannogo vneseniya udobrenij v sisteme tochnogo zemledeliya. *Nauchno-tekhnicheskij progress v sel'skohozyajstvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Minsk, 19–20 oktyabrya 2011 g.)* / NAN Belarusi, RUP «NPC NAN Belarusi po mekhanizacii sel'skogo hozyajstva». Minsk, 2011. T. 1. S. 67–78.
3. Belinskij A. V. Razrabotka teorii i tekhnicheskikh sredstv dlya poverhnostnogo vneseniya udobrenij i meliorantov: dis. ... d-ra tekhn. nauk. Kazan', 2005. 398 s.
4. Zabrodin V. P. Kontrol' i upravlenie processami vneseniya mineral'nyh udobrenij. Rostov-na-Donu: ООО «Терра»; НПК «Гефест», 2003. 124 с.
5. Klenin N. I., Sakun V. A. Sel'skohozyajstvennye i meliorativnye mashiny. EElementy teorii rabochih processov, raschet regulirovochnyh parametrov i rezhimov raboty (2-e izdanie). M.: Kolos, 1980. 671 s.
6. Katushechno-shtiftovij tukovysevoyushchij aparat / S. O. Nukeshev, S. K. Tojgambaev, N. N. Romanyuk, A. M. Sugirbaj. *Sbornik nauchnyh rabot VII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii Evrazijskogo Nauchnogo Ob"edineniya (g. Moskva, iyul' 2015)*. M.: ENO, 2015. S. 24–27.

References

1. Baturin V. A. Substantiation of parameters of seeding system for a differentiated pre-

sowing application of mineral fertilizers: dis. ... kand. Techn. Sciences: 05.20.01. Moscow, 2012. 193 p.

2. Stepuk L. Y., Petrovec V. R., Persikova T. F. Technical, economic and organizational aspects of the differentiated application of fertilizers in precision farming system. *Scientific-technical progress in agricultural production: materials of International scientific-practical conference (Minsk, October 19–20, 2011)* / Academy of Sciences of Belarus, RUE “SPC NAS of Belarus for agriculture mechanization”. Minsk, 2011. Vol. 1. Pp. 67–78.

3. Belinsky A. V. Development of theory and technical means for surface application of fertilizers and meliorants: thesis for the degree of doctor of technical Sciences. Kazan, 2005. 398 p.

4. Zabrodin V. P. Monitoring and Control of processes of mineral fertilizers. Rostov-on-don: Terra LLC; Gefest NPK, 2003. 124 p.

5. Klenin N. I., Sakun V. A. Agricultural and reclamation machines. Elements of the theory of working processes, the calculation of the adjustment parameters and operating modes (2nd edition). Moscow: Kolos, 1980. 671 p.

6. Coil-pin apparatus for fertilizers seeding / S. O. Nukeshev, S. K. Toigambayev, N. N. Romanjuk, A. M. Sugirbai. Collection of scientific works of the VII International Scientific Conference of the Eurasian Scientific Association (Moscow, July 2015). Moscow: ESA, 2015. Pp. 24–27.