

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВЫСЕВАЮЩЕГО ДИСКА ДЛЯ ПОСЕВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА СЕМЕННЫЕ ЦЕЛИ

Гиевский Алексей Михайлович
Солдатов Юрий Игоревич

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Одной из приоритетных задач современного свекловодства является увеличение рентабельности производства без ухудшения качества продукта. Возможным решением проблемы является использование семян отечественного производства. Для того чтобы наладить конкурентное семеноводство в нашей стране, необходимо использовать современные достижения отраслевой науки, одним из которых является посев корнеплодов массой менее 150 г – штеклингов. Приведена методика выбора высевающего диска для выращивания штеклингов. Для этого применялась установка, представляющая собой посевную секцию сеялки ТС-М-4150А. Установка дополнительно имеет вакуумный насос и электропривод, регулируемый по частоте вращения. В эксперименте частота вращения диска варьировалась от 0,1 до 0,6 м/с, время опыта составляло 60 секунд. Высеваемые семена взвешивали с помощью весов с точностью $\pm 0,05$ г. Журнал опытов вели в формате .xlsx, который был импортирован в среду математического моделирования Jupyter Notebook. Статистический анализ проводили с помощью языка Python 3. Из таблицы выбрали усреднённые данные, которые были наглядно представлены в виде сводной таблицы и графика зависимости коэффициента заполняемости диска от его скорости и количества отверстий. Чтобы разработать делитель потока семян, необходимо знать количество высеваемых семян в единицу времени. Для этого создали новую таблицу, в которой проводили преобразование массы семян, высеваемых диском за единицу времени, в их количество (расчётное и экспериментальное). В результате исследования был сделан вывод, что для посева семян сахарной свёклы на семена подходит высевающий диск $2,2 \times 48$, так как при скорости вращения диска в пределах 0,25–0,35 м/с, соответствующей скорости сеялки 5–8 км/ч, соблюдается наиболее приемлемый коэффициент заполнения отверстий диска.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сеялка точного высева, высевающий аппарат, сахарная свёкла, высевающий диск, Python 3, Jupyter Notebook.

RATIONALE FOR CHOOSING FEED DISK FOR SOWING SUGAR BEET GROWN FOR SEEDS

Gievsky Aleksey M.
Soldatov Yuri I.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

One of the priority tasks of modern sugar beet growing is to increase the profitability of production without deterioration of the quality of the product. One of the solutions of the problem under consideration is the use of domestically produced seeds. In order to organize competitive seed production in our country, it is necessary to use modern scientific and technical achievements, among which the best one is the use of a small late-sown plant of a biennial root crop weighing less than 150 g, i.e. shteklins. The authors present a method for choosing feed disc for seeding shteklins. They used a unit comprising of a sowing section of a TS-M-4150A disk drill. The unit additionally has a vacuum pump and a speed-controlled electric drive. In the experiment, the rotational speed of the disk varied from 0.1 to 0.6 m/s, the experiment time was 60 seconds. The sown seeds during the experiment were weighed by ± 0.05 g balance. Log book was kept in .xlsx format, which was imported into the Jupyter Notebook mathematical simulation environment. Statistical analysis was performed using high-level programming language Python 3. The averaged data was chosen from the table, then the obtained values were gathered in a pivot table, and subsequently in a dependency diagram of the disk filling factor on its speed and number of holes. To develop a seed flow divider, it is necessary to know the number of seeds sown per unit of time. For this, the authors created a new table, where the values of the mass of seeds sown by the disc per unit of time were changed into their number both calculated and experimental. As follows from the results of study, a 2.2×48 sowing disc is suitable for sowing sugar beet grown for seeds, because at a disk rotation speed in the range of 0.25–0.35 m/s, and feed disc speed of 5–8 km/h, the most acceptable filling factor of the disk hole is observed.

KEYWORDS: precision seeder, sowing machine, sugar beet, feed disc, programming language Python 3, Jupyter Notebook mathematical simulation environment.

Введение

Задача стратегического обеспечения населения продуктами питания, а промышленности – сырьём, поставляемым АПК, до сих пор остаётся актуальной в современном мире новых технологий и цифровой информации. Одним из важных продуктов сельскохозяйственного производства является сахар, получаемый в Российской Федерации посредством переработки сахарной свёклы. При переработке корнеплодов на выходе получают сахар (12–15%), около 5% патоки и более 80% жома [7].

Сахарная свёкла является одной из самых высокзатратных культур сельского хозяйства. Использование импортных семян, доля которых, по данным Минсельхоза РФ, в 2019 г. составляла 99,4%, а в 2020 г. – 96,75% [2, 4], является одним из факторов, значительно снижающих рентабельность производства. Для восстановления производства конкурентоспособных семян в нашей стране необходимо использовать последние достижения науки и техники. Одним из современных направлений производства семян является использование загущенного посева семян сахарной свёклы [5].

Для выращивания посадочных корнеплодов сахарную свёклу высевают загущенным способом с высокой нормой посева для большего выхода клубочков с гектара, при этом корнеплоды получают массой менее 150 г (штеклинги) с высоким процентом выхода семян [6]. Для выбора сеялки для загущенного посева на кафедре сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского государственного аграрного университета были проведены лабораторные исследования с высевающим аппаратом, методика которых описана ниже.

Методика исследований

В ранее опубликованной статье были рассмотрены современные машины для посева семян сахарной свёклы [1]. В качестве высевающего агрегата для эксперимента была выбрана сеялка ТС-М-4150А [1, 10].

Для обоснования выбора высевающего диска сотрудниками агроинженерного факультета Воронежского госагроуниверситета был проведён эксперимент с использованием лабораторной установки [8, 9], которая включала в себя секцию высевающего аппарата, приводимую в движение коллекторным двигателем, окружную скорость которого регулировали с помощью частотного регулятора. Для создания вакуума в камере разрежения высевающего аппарата [9] использовали вакуумный насос от промышленного пылесоса, в качестве высеваемого материала – некалиброванные семена сахарной свёклы.

Для снижения влияния фактора случайных и систематических погрешностей количество повторностей в эксперименте доводили до трёх. Семена сахарной свёклы, предназначенные для посева, взвешивали в количестве 1000 шт. с помощью весов с точностью $\pm 0,05$ г. В бункер лабораторной установки засыпали семена, после чего запускали установку и настраивали оптимальное значение параметров разрежения и частоты вращения.

Замер количества высеваемых семян проводили в течение 60 секунд, затем взвешивали полученную порцию семян и результаты записывали в журнал. Частота вращения диска находилась в пределах 0,1–0,6 м/с.

Опыт был проведён на дисках $2,2 \times 96$, $2,2 \times 48$ и $2,5 \times 18$, где первое число – диаметр отверстия диска (рекомендуемый для посева сахарной свёклы производителем), второе – количество отверстий в диске.

Полученные данные обрабатывали в программной среде офисного пакета *Microsoft Office Excel* и посредством ПО для прикладного программирования *Jupyter Notebook* с помощью языка *Python 3*. Методика обработки экспериментальных данных приведена ниже.

Для последующего анализа оформленную в формате *Excel* таблицу импортировали в программную среду, используя пакет *pandas*, предназначенный для работы с таблицами, включающий в себя статистические инструменты и средства визуализации данных [3].

Журнал опытов вели в формате *.xlsx*, который был импортирован в среду математического моделирования *Jupyter Notebook*. Электронный журнал эксперимента как табличный файл конвертируется в *DataFrame*, что даёт возможность использовать необходимые для исследования инструменты статистики. Для упрощения работы с данными русские названия столбцов заменили на английские.

Результаты и их обсуждение

В исследовании нам необходимо работать с усреднёнными данными, для этого прописываем функцию для создания *DataFrame* с выводом среднего по опыту на каждой частоте. В результате получаем таблицу с усреднёнными показателями, являющимися оптимальными для работы.

Для более наглядного представления коэффициента заполнения в зависимости от скорости диска и его типоразмера с помощью метода *pivot_table ()* создаём сводную таблицу.

Сводная таблица зависимости коэффициента заполнения от окружной скорости диска и количества отверстий, %

Диск	Скорость диска, м/с					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
2,5 × 18	96,53	101,31	100,97	96,09	93,11	92,76
2,2 × 48	101,53	99,35	97,72	95,82	93,42	87,67
2,2 × 96	102,56	101,31	99,48	97,95	93,27	89,62

Экспериментальные данные, приведённые в таблице, стали более наглядными, но одной сводной таблицы для полноценного анализа иногда бывает недостаточно. Поэтому представим визуализацию данной таблицы в виде графика. Для этого импортируем библиотеку для вывода графиков *matplotlib.pyplot* [3, 11] и пишем названия легенд, осей и графиков (рис. 1 и 2).

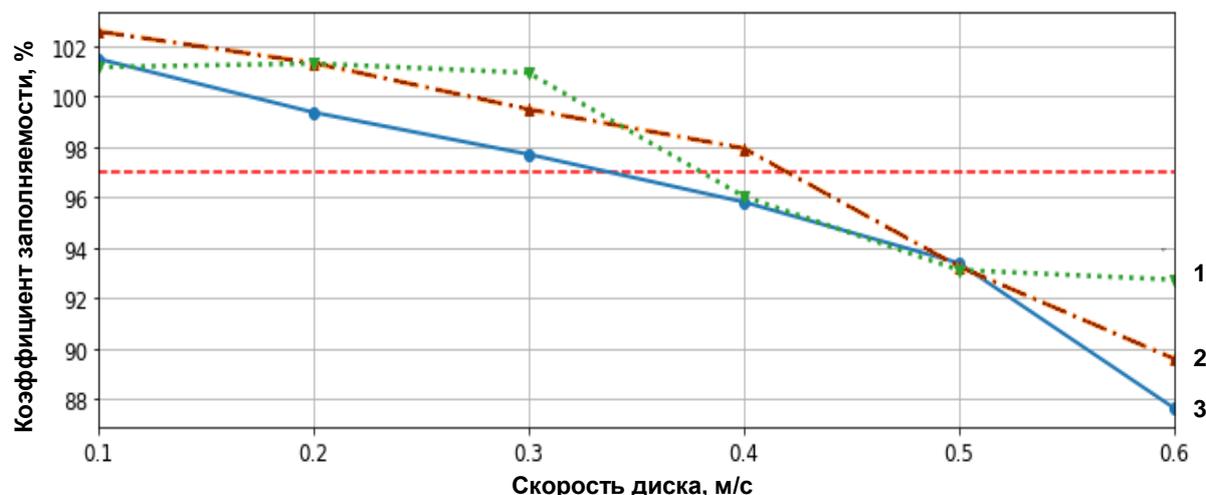


Рис. 1. Зависимость коэффициента заполнения отверстий диска от его окружной скорости и количества отверстий при высеве некалиброванной сахарной свёклы:
1 – 2,5 × 18; 2 – 2,2 × 96; 3 – 2,2 × 48

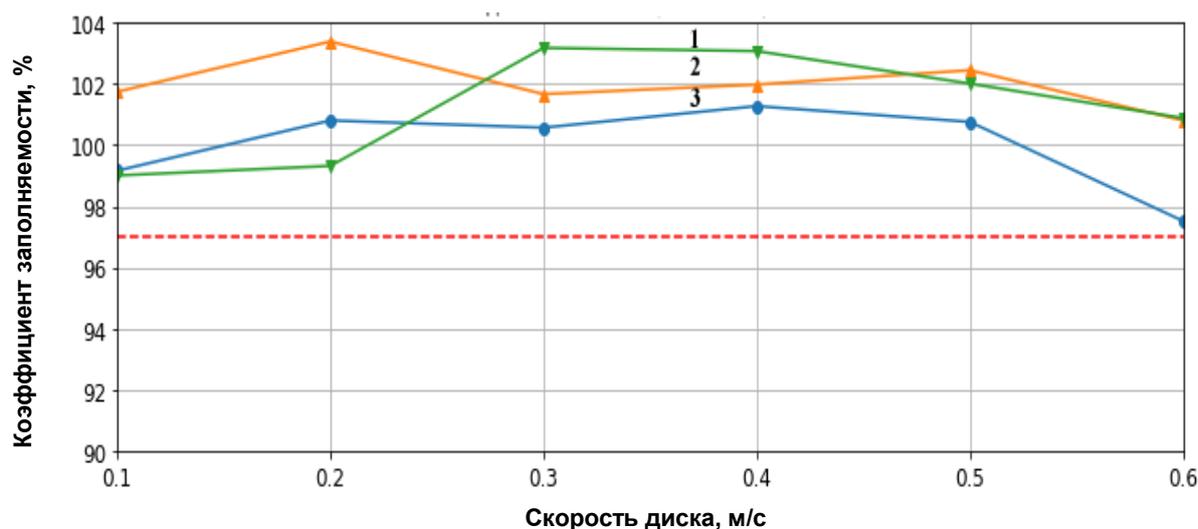


Рис. 2. Зависимость коэффициента заполнения отверстий диска от его окружной скорости и количества отверстий при высеве дражированных семян сахарной свёклы: 1 – 2,5 × 18; 2 – 2,2 × 96; 3 – 2,2 × 48

Чтобы обоснованно выбрать высевной диск, предназначенный для посева маточной сахарной свёклы, необходимо знать количество высеваемых семян за единицу времени. Чтобы это реализовать, создаём *DataFrame* с данными типоразмеров диска, его окружной скорости, частоты вращения и массы семян, высеваемых за время опыта. Вынесем количество отверстий диска в отдельный столбец посредством написания функции *cell_disc()*. Определим шаг ячеек, зная диаметр, на котором расположены отверстия на диске. Затем рассчитаем, сколько семян высевается в секунду теоретически и практически.

Для наглядности полученных табличных данных представим их визуализацию в виде линейных графиков посредством функции *plot()*. Первый график является представлением зависимости теоретического количества высеваемых семян диском в секунду от его скорости. Аналогично представим в графическом виде зависимость экспериментального количества высеваемых семян диском в секунду от его скорости.

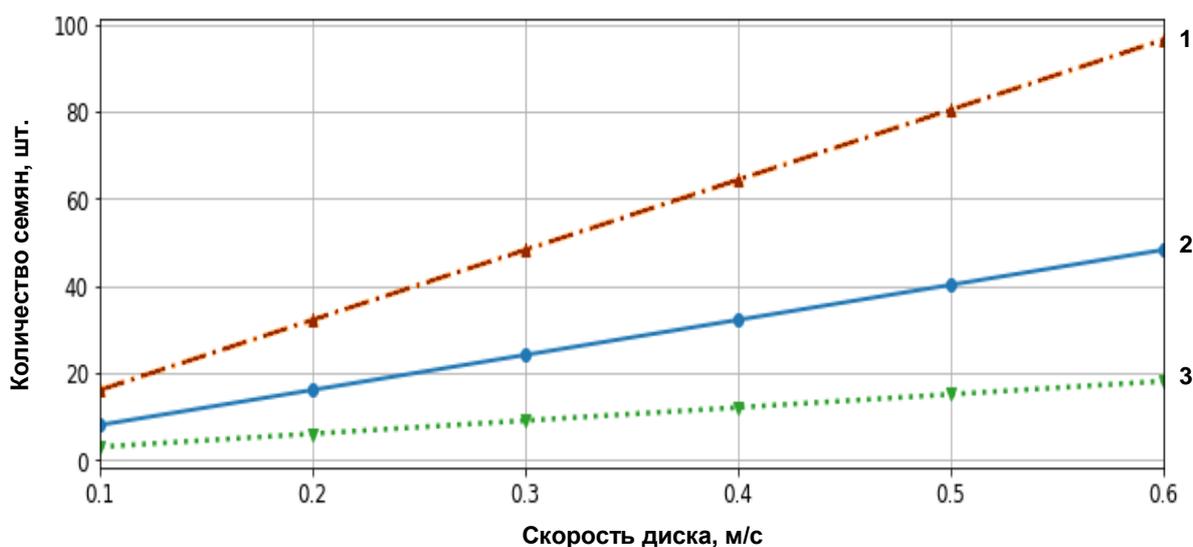


Рис. 3. Зависимость количества высеваемых семян от скорости диска 1 – 2,5 × 18; 2 – 2,2 × 96; 3 – 2,2 × 48

По полученным данным можно сделать вывод, что зависимость количества высеваемых семян диском за секунду от скорости диска растёт линейно на каждом из типоразмеров диска. На рисунках 1 и 2 можно заметить определённую тенденцию снижения коэффициента заполняемости отверстий диска. Для подтверждения данной гипотезы пропишем функцию *approx()* аппроксимации экспериментальных данных. Для более достоверного результата будем использовать весь массив данных опыта. В результате получаем график следующего вида (рис. 4).

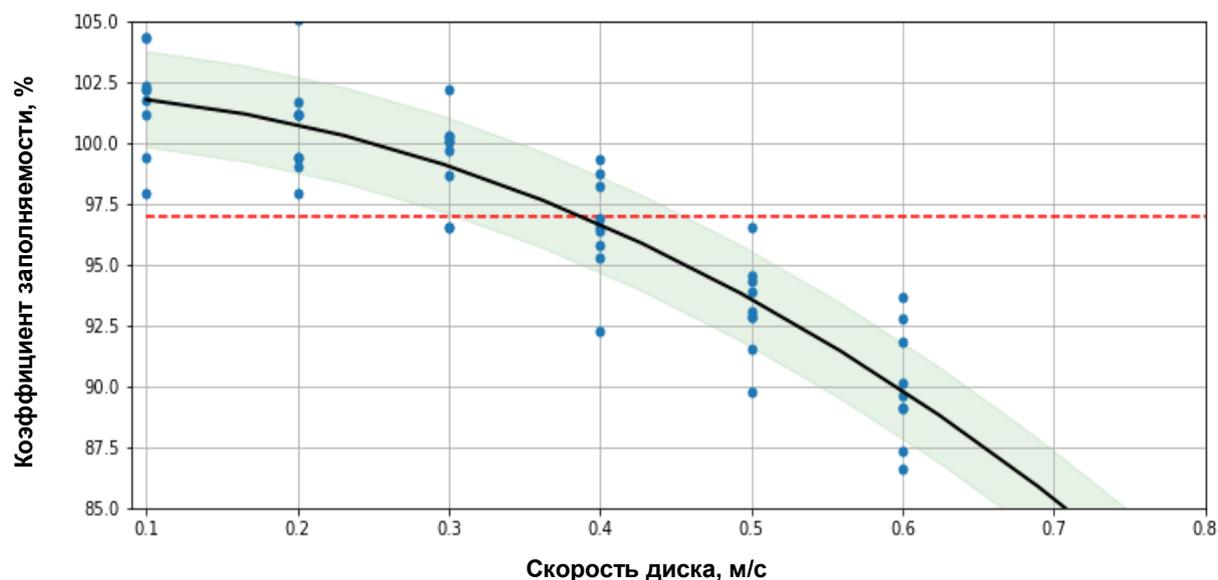


Рис. 4. График аппроксимации экспериментальных данных по высеву семян некалиброванной сахарной свёклы

При анализе графика можем заметить основное сосредоточение данных в пределах трёх сигм (зона серого цвета). Аппроксимировав данные, получаем полиному второго порядка (рис. 5).

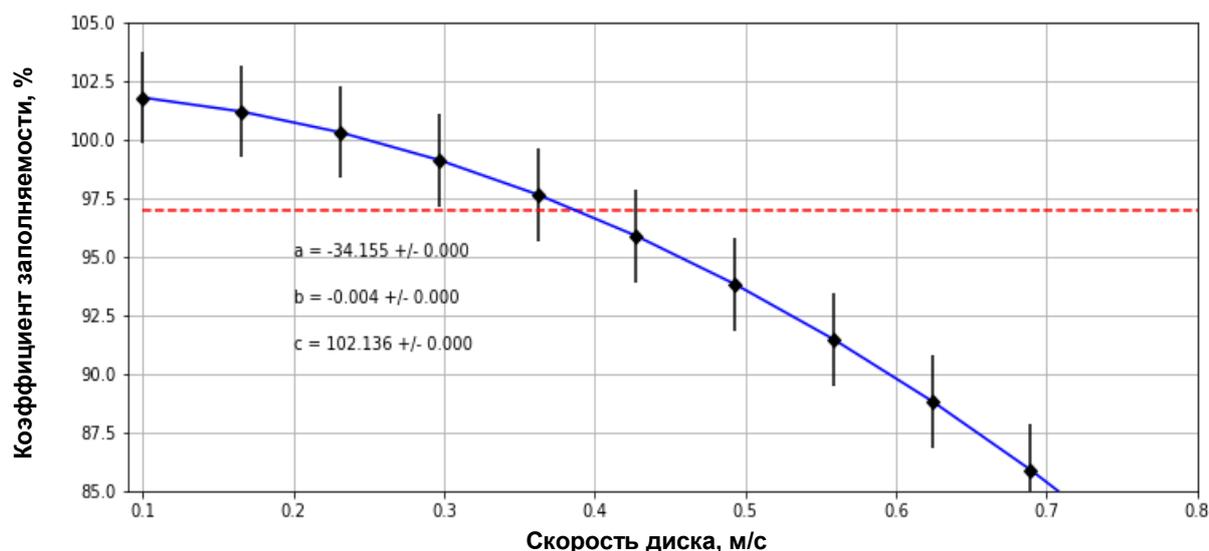


Рис. 5. График полиномы второго порядка по данным эксперимента с дражированными семенами сахарной свёклы

Пропишем функцию для получения параметров полиномы. В результате получаем квадратичную функцию следующего вида:

$$y = -34,16x^2 - 0,004x + 102,14. \quad (1)$$

Для эксперимента с дражированными семенами сахарной свёклы уравнение полинома примет следующий вид:

$$y = -35,18x^2 + 25,31x + 97,68. \quad (2)$$

По полученным лабораторным и статистическим данным можно сделать вывод, что для посева семян сахарной свёклы на семена оптимальным является высевающий диск $2,2 \times 48$, так как при скорости вращения диска в пределах $0,25-0,35$ м/с, соответствующей скорости сеялки $5-8$ км/ч, соблюдается коэффициент заполняемости выше 97%, и теоретическая норма высева находится в пределах $20-30$ шт./м.

Библиографический список

1. Гиевский А.М. К обоснованию выбора типа высевающего аппарата для возделывания сахарной свёклы для семенных целей / А.М. Гиевский, Ю.И. Солдатов // Механизация и автоматизация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве : матер. национальной науч.-практ. конф. (Россия, г. Воронеж, 25 сентября 2020 г.). – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – С. 648–654.
2. Доля российских семян на рынке составляет менее 63% – в России почти нет своих семян сахарной свёклы и картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/33208-dolya-rossiyskikh-semyan-na-rynke-sostavlyayet-menee-63/> (дата обращения: 24.11.2020).
3. Костюченко Ю.А. Анализ подходов к моделированию данных с помощью библиотек языка PYTHON / Ю.А. Костюченко // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО : сб. тр. XLVII науч. и учеб.-метод. конф. университета ИТМО по тематикам: экономика, менеджмент, инноватика (Россия, г. Санкт-Петербург, 30 января – 02 февраля 2018 г.). – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2018. – С. 175–178.
4. Минсельхоз увеличит до 8% долю российских семян в посевах сахарной свёклы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/734979> (дата обращения: 24.11.2020).
5. Основные технологические приемы выращивания штеклингов компонентов гибридов сахарной свёклы в условиях ЦЧР / С.П. Борзенков, И.И. Бартнев, Л.Н. Путилина и др. // Сахарная свёкла. – 2016. – № 7. – С. 26–28.
6. Пат. 2019106399 Российская Федерация, МПК А01G 22/25 (2018.01). Способ выращивания маточных корнеплодов сахарной свёклы / Д.С. Гаврин, И.И. Бартнев, Л.Н. Путилина ; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. – № 2019106399 ; заявл. 06.03.2019 ; опубл. 22.11.2019, Бюл. № 33. – 5 с.
7. Посев сахарной свёклы // AgroConnseI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/posev-saharnoj-svekly> (дата обращения: 24.11.2020).
8. Солнцев В.Н. Механизация растениеводства : практикум / В.Н. Солнцев, В.И. Оробинский, А.В. Чернышов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 167 с.
9. Солнцев В.Н. Технологии и технические средства в сельском хозяйстве : учеб. пособие / В.Н. Солнцев, В.И. Оробинский. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – 302 с.
10. ТС-М-4150А Многоцелевая пневматическая сеялка точного высева для пропашных культур // Техника и сервис : Интернет-портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gomselmash.by/produksiya/seyalki/seyalka-tochnogo-vyseva-stv/> (дата обращения: 24.11.2020).
11. Matplotlib [сайт] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://matplotlib.org> (дата обращения: 24.11.2020).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Алексей Михайлович Гиевский – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Юрий Игоревич Солдатов – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: general-soldatov@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 15.04.2021

Дата принятия к печати 06.06.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksey M. Gievsky, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Yury I. Soldatov, Postgraduate Student, Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: general-soldatov@mail.ru.

Received April 15, 2021

Accepted after revision June 06, 2021