

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ РАСПЫЛИВАНИЯ РАБОЧЕГО РАСТВОРА БИОПРЕПАРАТА

Р.Ф. Сабилов, А.Р. Валиев, Ф. Ф. Мухамадьяров

Реферат. Описывается состояние технологий по предпосевной обработке биологически-препаратами. Рассматриваются проблемы использования биологических препаратов при подготовке семенного материала, в частности неполное соответствие агротехническим требованиям имеющихся средств, предназначенных для распыливания биологических препаратов. Описывается разработанный распылитель, техническим результатом которого является обеспечение полноты протравливания и повышение эффективности применения биологических препаратов для протравливания семян и обработки сельскохозяйственных культур. Описана конструкция и принцип работы распылителя рабочего раствора биопрепарата. Широкий диапазон регулировки давления распыливания, а также щадящий пневматический способ нанесения рабочего препарата на семена, позволяет использовать биологические препараты для проведения работ по подготовке семян к посеву. Приведена методика и установка для проведения исследования экспериментального распылителя по влиянию давления рабочего раствора и воздуха на дисперсность его распыливания. Приведены результаты проведенного исследования по влиянию давления воздуха и рабочего раствора биопрепарата на дисперсность распыливания экспериментальным распылителем, представлены сканированное и распознанное с помощью разработанного приложения ЭВМ изображение капель распыленного раствора красителя черного. Приведены результаты объективного анализа полученных данных в виде математическую модели квадратичной регрессии, описывающую зависимость дисперсности рабочего раствора при распыливании его экспериментальным распылителем от давления жидкости и воздуха, рассчитаны значения коэффициентов регрессии. Приведены рациональные значениями рабочих параметров экспериментального распылителя: давление рабочей жидкости в интервале 0,2...0,4МПа и воздуха – 0,1...0,3МПа. При этих значениях параметров распылитель обеспечивает образование распыленных частиц с размерами от 100 до 220мкм.

Ключевые слова: распылитель рабочего раствора биопрепарата, биопрепарат, микроорганизмы, подготовке семенного материала, протравливание.

Введение. Отечественный и мировой опыт показывает, что применение техники для защиты растений обеспечивает 50-70% прироста урожая. Повышение производительности этой техники и экономия дорогостоящих препаратов при малообъемном адаптированном внесении средств защиты растений позволяют не только увеличить объем выращиваемой сельскохозяйственной продукции, но и значительно сократить затраты и загрязнение окружающей среды [1,2,3,4].

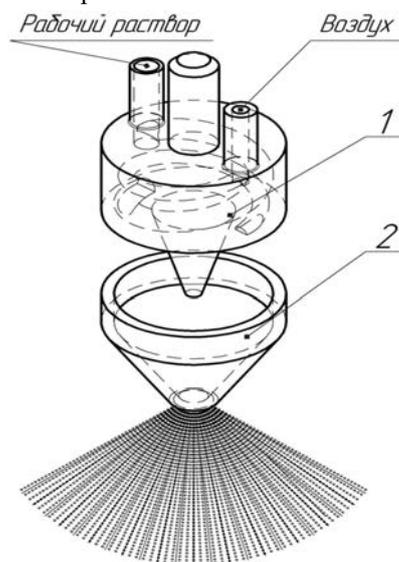
В условиях острого дефицита средств механизации для защиты растений в регионах Российской Федерации идут процессы роста производства и модернизации существующей техники [5].

Анализ используемых для защиты растений технических средств и литературных источников показал, что специально разработанных для работы с биопрепаратами машин недостаточно. Поэтому в настоящее время актуальными являются исследования, направленные на совершенствование технических средств для защиты растений приспособленных к работе с биологическими препаратами, учитывающими их особенности и обеспечивающих высокую эффективность их применения [6,7,8].

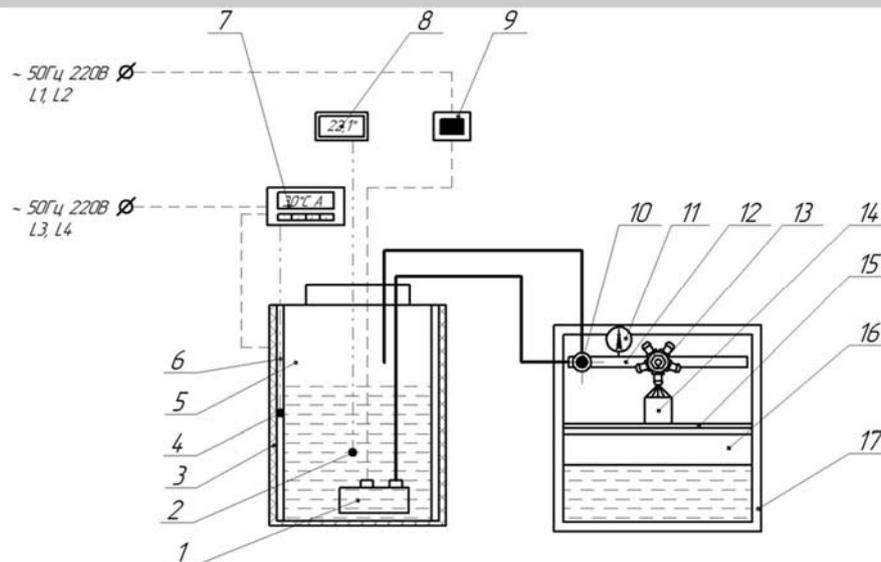
При протравливании семян сельскохозяйственных культур одним из основных требований, предъявляемых к процессу и машинам для защиты растений, является полное и равномерное распределение рабочей жидкости

по их поверхности. Наиболее вероятным способом достижения этого условия может быть мелкодисперсионное распыливание рабочего раствора. Поэтому были проведены исследования экспериментального распылителя по влиянию давления рабочего раствора и воздуха на дисперсность его распыливания.

Условия, материалы и методы. На основе вышеизложенного, были разработаны технические средства [9,10] (рисунок 1) для обработки поверхности семян сельскохозяйствен-



1 – корпус распылителя; 2 – сопло
Рис.1 – Схема экспериментального образца устройства для обработки семян биопрепаратами



1 – мембранный насос; 2 – датчик температуры жидкости; 3 – утеплитель; 4 – датчик температуры нагревательного элемента; 5 – бак рабочей жидкости; 6 – нагревательный элемент; 7 – регулятор температуры; 8 – указатель температуры жидкости; 9 – клавиша включения насоса; 10 – регулятор давления жидкости; 11 – манометр; 12 – трубопровод; 13 – держатель распылителей; 14 – бюкса; 15 – подставка; 16 – бак для слива жидкости; 17 – рама

Рис. 2 – Схема лабораторной установки для изучения влияния распылителей на жизнедеятельность микроорганизмов

ных культур биопрепаратами перед посевом, учитывающие их физико-механические параметры для получения следующих характеристик:

- снижение энергоёмкости процесса предпосевной подготовки семян сельскохозяйственных культур биологическими препаратами;
- обеспечение полноты и равномерности обработки семян биологическими препаратами;
- повышение эффективности применения биологических препаратов для обработки семян.

Распылитель рабочего состава биопрепарата, состоит из корпуса распылителя 1 внутри которого имеются два канала имеющих форму цилиндрической винтовой линии непересекающихся между собой. В нижней части корпуса распылителя 1 имеется регулировочный конус. На внешнюю резьбу корпуса форсунки навинчено сопло 2 имеющее форму усеченного конуса с отверстием на вершине.

Распылитель рабочего состава биопрепарата работает следующим образом.

Распылитель рабочего состава биопрепарата устанавливается в отверстие и закрепляется гайкой. Корпус 1 распылителя имеет два входных штуцера в одно из них подается рабочий раствор, во второе отверстие подается воздух под давлением. Рабочий раствор и воздух проходя через винтовые каналы изменяют прямолинейное движение на вращательное и вырываются из выходных отверстий под углом к внутренней конусообразной поверхности соп-

ла 2. Происходит смешивание рабочего раствора и воздуха в камере смешивания внутренней конусообразной полости сопла 2 распылителя. Движение смеси в низ по конусообразной поверхности дополнительно закручивают ее. Далее смешанный рабочий раствор, обогащенный воздухом, проходит через щель, образованную между отверстием сопла и регулировочным конусом и распыляется во внешнюю среду. За счёт того, что, рабочий раствор обогащен воздухом не происходит губительного для бактерий перепада давления, так как для распыления не приходится подавать раствор с высоким давлением, а можно использовать давление не более 1,5 – 2Атм. Также распыление происходит в виде вращающегося конуса, что создает внутреннюю область пониженного давления, что приводит к притягиванию внутрь конуса рабочего раствора, снижается его снос ветром или набегающим воздухом. Размер щели между соплом и регулировочным конусом корпуса распылителя рабочего состава биопрепарата возможно регулировать при помощи закручивании корпуса сопла относительно корпуса распылителя по резьбе.

Таким образом, такое конструктивное решение распылителя рабочего состава биопрепарата обеспечивает полную равномерную обработку семян и повышение эффективности применения биологических препаратов.

Исследования экспериментального распылителя по влиянию давления рабочего раствора и воздуха на дисперсность его распыливания проведены в соответствии с требованиями

ГОСТ 34630-2019.

В качестве рабочей жидкости использовали двухпроцентный водный раствор красителя черного. Также допускается применение одно-, двухпроцентного раствора нигрозина или другого интенсивного водорастворимого красителя.

Для проведения исследования использовали ранее разработанную лабораторную установку для изучения влияния распылителей на жизнедеятельность микроорганизмов [11, 12].

Дисперсность распыла определяли на карточках из мелованной бумаги, предварительно обработанных трех-, пятипроцентным раствором парафина для уменьшения растекания улавливаемых капель, и закрепленных по три штуки на специальную платформу, которую устанавливали на бак аналогичный баку установки для слива жидкости.

Включали установку и устанавливали заданные значения давления жидкости и воздуха в системе распыливания рабочего раствора. Затем с целью выхода установки на установившийся режим работы выдерживали ее функционирование в течение одной минуты. Далее снимали трубопровод 10 с держателем распылителей 12 (рисунок 2) и проводили распылитель в рабочем режиме над каточками, закрепленными на платформе. Расстояние от распылителя до карточек составляло 0,1 м, а скорость поступательного перемещения распылителя поддерживали в интервале 0,2-0,3 м/с. Ее значение получено при предварительных расчетах скорости перемещения семян в камере обработки устройства для обработки семян биопрепаратами.

Давление воздуха и жидкости поочередно регулировали в интервале от 0,1МПа до 0,4МПа с шагом 0,1МПа. Повторность опыта трехкратная.

После высыхания карточки собирали и обрабатывали. Обработку карточек проводили

методом сканирования с последующей обработкой на ПЭВМ по специальной программе.

Карточки всех повторностей в соответствии с требованиями ГОСТ 34630-2019 распределяли на три группы:

- условно мелкие — до 150 мкм;
- средние — от 150 до 300 мкм;
- крупные — свыше 300 мкм.

По результатам распределения карточек по группам капель вычисляли количественную долю каждой группы от общего числа карточек и записывали в протокол проведения проверки. Затем вычисляли средневзвешенное значение медианно-массового диаметра осевших капель.

Анализ и обсуждение результатов. Исследования экспериментального распылителя по влиянию давления рабочего раствора и воздуха на дисперсность его распыливания проведены в соответствии с представленной выше методикой. В качестве рабочего раствора использовали одно-, двухпроцентный водный раствор красителя черного. Результаты исследований представлены в таблице 1 и рисунках 3,4.

В соответствии с требованиями ГОСТ 34630-2019 [13] размер частиц распределяется по следующей градации:

- условно мелкие — до 150 мкм;
- средние — от 150 до 300 мкм;
- крупные — свыше 300 мкм.

Для обработки семян зерновых культур по рекомендациям [13] размер частиц препарата должен находиться в интервале 100...300мкм. Тогда для данного диапазона размера частиц и в соответствии с результатами исследований по выживаемости микроорганизмов от влияния физических факторов определим рациональные значения давления рабочего раствора

Таблица 1 – Результаты исследования экспериментального распылителя по влиянию давления рабочего раствора и воздуха на дисперсность его распыливания

№ п/п	Давление жидкости X_1 , МПа	Давление воздуха X_2 , МПа	Дисперсность распыла рабочей жидкости Y_i , мкм			Среднее значение дисперсности распыла, мкм
			1	2	3	
1	0,1	0,1	323	332	336	330,34
2	0,2		318	328	348	331,34
3	0,3		271	280	297	282,67
4	0,4		237	244	259	246,67
5	0,1	0,2	315	325	345	328,34
6	0,2		272	280	297	283,00
7	0,3		256	264	280	266,67
8	0,4		220	227	241	229,34
9	0,1	0,3	176	181	192	183,00
10	0,2		153	157	167	159,00
11	0,3		131	135	144	136,67
12	0,4		104	107	114	108,34
13	0,1	0,4	180	184	186	183,34
14	0,2		162	164	162	162,67
15	0,3		121	123	120	121,34
16	0,4		98	96	92	95,34



Рисунок 3 – Сканированное изображение капель распыленного раствора

и воздуха.

Для объективного анализа данных таблицы 1, рассмотрим математическую модель (1), описывающую зависимость дисперсности рабочего раствора при распыливании его экспериментальным распылителем от давления жидкости и воздуха:

$$Y_i = 448,208 - 799,25X_1 - 182,8333X_2 + \quad (1)$$

где $+370,8333X_1^2 - 241,666X_2^2 + 50X_1X_2$,

X_1 – давление жидкости в системе распыления, МПа;

X_2 – давление воздуха в системе распыления, МПа.

Значения коэффициентов регрессии вычисляли с помощью пакета анализа MS Excel. Уравнение регрессии, полученное в результате расчетов, проверено на адекватность по F -критерию Фишера (вероятность $p=0,95$). Анализируя влияние факторов на критерий оптимизации, приходим к выводу, что повышение рабочего давления воздуха и жидкости на входе в распылитель способствует уменьшению размеров капель при распыливании водо-

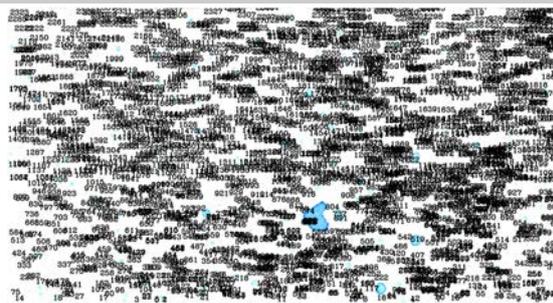


Рисунок 4 – Распознанное изображение с нанесенными значениями размеров капель

воздушной смеси на выходе из распылителя. Причем, наибольшим оно осуществляется от давления жидкости.

Графическая интерпретация уравнения (1) представлена на рисунке 5.

Анализируя рисунок с учетом рационального значения давления жидкости на уровне 0,2...0,4МПа приходим к выводу о том, что при давлении воздуха от 0,1 до 0,2МПа размер капель находится в интервале от 140 до 220мкм, а увеличение давления воздуха до 0,3МПа позволяет уменьшить размер частиц до 100мкм.

Таким образом, рациональными значениями рабочих параметров экспериментального распылителя являются давление рабочей жидкости в интервале 0,2...0,4МПа и воздуха – 0,1...0,3МПа. При этих значениях параметров распылитель обеспечивает образование распыленных частиц с размерами от 100 до 220мкм. По классификации ГОСТ 34630-2019 [13] они относятся к группам условно мелкие и средние, что соответствует требованию на распылители рабочего раствора биопрепаратов.

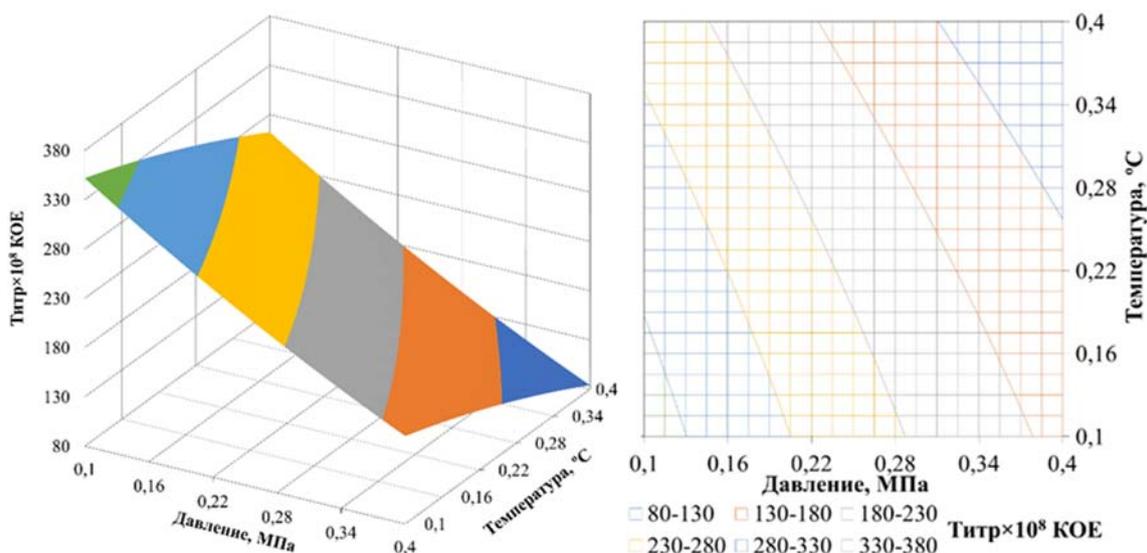


Рисунок 5 – Зависимость дисперсности рабочего раствора при распыливании его экспериментальным распылителем от давления жидкости и воздуха

Выводы. 1. Получена математическая модель описывающая зависимость дисперсности рабочего раствора при распыливании его экспериментальным распылителем от давления жидкости и воздуха.

2. Разработана программа для ЭВМ реали-

зующая обработку и распознавание количества и размеров капель сканированных результатов распыливания.

3. Определены рациональное давление рабочей жидкости в интервале 0,2...0,4 МПа и воздуха – 0,1...0,3 МПа.

Литература:

1. Смелик, В. А., Кубеев Е. И., Дринча В. М. Предпосевная подготовка семян нанесением искусственных оболочек // Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2011. – 272 с.
2. Исследовательская компания «Текарт». [Сайт] URL: <http://research-techart.ru/> (Дата обращения 15.03.2022).
3. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: ВНИИИА, 2005. – 302 с.
4. Вялых, В. А. Совершенствование и разработка технологий и технических средств защиты растений : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / В. А. Вялых. – Рамонь, 2006. – 549 с.
5. Камалетдинов Р.Р. Научно-методологическое обоснование технологий и технических средств возделывания и уборки картофеля на основе объектно-ориентированного моделирования. Автореферат дис. доктора технических наук: 05.20.01. Место защиты: Башкир. гос. аграр. ун-т. Уфа, 2017, 40 с.
6. Киреев, И. М. Разработка средств управления дисперсными системами для совершенствования технологии протравливания, посева семян и опрыскивания растений : дис. д-ра. техн. наук : 05.20.01 / И. М. Киреев. – Москва, 2011. – 439 с.
7. Камалетдинов Р.Р., Хайруллин Р.М., Хасанов Э.Р., Сираев Р.Х. Устройство для протравливания семян // Патент на изобретение № 2346422 РФ, МПК А01С 1/06. – Заявлено 03.07.2007. Оpubл. 20.02.2009 Бюл. № 5
8. Нуруллин Э.Г., Дмитриев А.В., Халиуллин Д.Т. и др. Протравливатель семян пневмомеханического типа // Патент на изобретение № 2380876 РФ, МПК А01С 1/00. – Заявлено 27.06.2008. 10.02.2010 Бюл. № 4
9. Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., и др. Модульный пневмомеханический протравливатель семян // Патент РФ №2675302, 18.12.2018.
10. Сабиров Р.Ф., Валиев А.Р., Сафин Р.И., и др. Форсунка для распыления рабочего состава биопрепарата // Патент РФ №181323, 10.07.2018.
11. Сабиров, Р. Ф. Результаты исследований жизнеспособности микроорганизмов при использовании различных типов распылителей / Р. Ф. Сабиров, А. Р. Валиев, А. Х. Абделфаттах // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 108-112.
12. Сабиров, Р. Ф., Валиев А. Р., Мухамадьяров Ф. Ф. Обоснование конструктивно-технологических параметров устройства для обработки семян биопрепаратами // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 3(63). – С. 84-89. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-84-89.
13. ГОСТ 34630-2019 Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. - Введ. 2021-15-03. - М.: ФГУП "Стандартинформ", 2020. - 38 с.

Сведения об авторах:

Сабиров Раис Фаритович – старший преподаватель, e-mail: agromechanika116@gmail.com
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия
 Валиев Айрат Расимович – доктор технических наук, доцент, e-mail: ayratvaliev@mail.ru
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия
 Мухамадьяров Фарзутдин Фаткутинович – доктор технических наук, профессор, e-mail: f_muchamadjarov@mail.ru
 Вятский государственный агротехнологический университет, г. Киров, Россия

DETERMINATION OF THE DISPERSITY OF SPRAYING THE WORKING SOLUTION OF A BIOLOGICAL PREPARATION

R.F. Sabirov, A.R. Valiev, F. F. Mukhamadyarov

Abstract. The state of technologies for pre-sowing treatment with biological preparations is described. The problems of using biological preparations in the preparation of seed material are considered, in particular, the lack of technical means designed for spraying biological preparations. The developed sprayer is described, the technical result of which is to ensure the completeness of etching and increase the effectiveness of the use of biological preparations for seed etching and crop processing. The design and principle of operation of the sprayer of the working solution of the biological product is described. A wide range of spray pressure adjustment, as well as a gentle pneumatic method of applying a working preparation to seeds, allows the use of biological preparations for carrying out work on preparing seeds for sowing. The technique and installation for conducting research of an experimental sprayer on the effect of the pressure of the working solution and air on the dispersion of its spraying is given. The results of the study on the effect of air pressure and the working solution of the biological product on the dispersion of spraying with an experimental sprayer are presented, images of droplets of a sprayed solution of black dye are scanned and recognized with the help of a developed computer application. The results of an objective analysis of the data obtained are presented in the form of a mathematical model of quadratic regression describing the dependence of the dispersion of the working solution when spraying it with an experimental sprayer on the pressure of liquid and air, the values of the regression coefficients are calculated. The rational values of the operating parameters of the experimental sprayer are given: the pressure of the working fluid in the range of 0.2 ... 0.4 MPa and air - 0.1 ... 0.3 MPa. At these parameter values, the sprayer provides the formation of sprayed particles with sizes from 100 to 220 microns.

Key words: sprayer of the working solution of the biological product, biological product, microorganisms, preparation of seed material, etching.

References

1. Smelik VA, Kubeev EI, Drincha VM. Predposevnaya podgotovka semyan nanoseniem isskustvennykh obolochek. [Pre-sowing preparation of seeds by applying artificial shells]. Saint Peterburg: SPbGAU. 2011; 272 p.
2. Research company "Tekart". [Internet]. [cited 2022, March 15]. Available from: <http://research-techart.ru/>.
3. Zavalin AA. Biopreparaty, udobreniya i urozhai. [Biopreparations, fertilizers and harvest]. Moscow: VNIIA. 2005; 302 p.
4. Vyalykh VA. Sovershenstvovanie i razrabotka tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv zashchity rastenii: dis...d-ra tekhn. nauk: 05.20.01. [Improvement and development of technologies and technical means of plant protection: dissertation for a degree of Doctor of Technical sciences: 05.20.01]. Ramon'. 2006; 549 p.
5. Kamaletdinov RR. Nauchno-metodologicheskoe obosnovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv vozdeliyvaniya i uborki kartofelya na osnove ob'ektno-orientirovannogo modelirovaniya. Avtoreferat dis. doktora tekhnicheskikh nauk: 05.20.01. [Scientific and methodological substantiation of technologies and technical means of cultivation and harvesting of potatoes based on object-oriented modeling. Abstract of dissertation for a degree of Doctor of Technical sciences: 05.20.01]. Bashkir. gos.agrar.un-t. Ufa. 2017; 40 p.
6. Kireev IM. Razrabotka sredstv upravleniya dispersnymi sistemami dlya sovershenstvovaniya tekhnologii protivliveniya, poseva semyan i opryskivaniya rastenii: dis. d-ra. tekhn. nauk: 05.20.01. [Development of means for controlling disperse systems for improving the technology of dressing, sowing seeds and spraying plants: dissertation for a degree of Doctor of Technical sciences: 05.20.01]. Moscow. 2011; 439 p.
7. Kamaletdinov RR, Khayrullin RM, Khasanov ER, Siraev RKh. [Device for seeds treatment]. Patent na izobretenie № 2346422 RF, MPK A01C 1/06. Zayavleno 03.07.2007. Opubl. 20.02.2009. Byul. № 5.
8. Nurullin EG, Dmitriev AV, Khaliullin DT. [Pneumomechanical type seed treater]. Patent na izobretenie № 2380876 RF, MPK A01C 1/00. Zayavleno 27.06.2008. 10.02.2010. Byul. № 4.
9. Sabirov RF, Valiev AR, Safin RI. [Modular pneumomechanical seed treater]. Patent RF №2675302, 18.12.2018.
10. Sabirov RF, Valiev AR, Safin RI. [Nozzle for spraying the working composition of a biological product]. Patent RF №181323, 10.07.2018.
11. Sabirov RF, Valiev AR, Abdelfattakh AKh. Rezul'taty issledovaniy zhiznesposobnosti mikroorganizmov pri ispol'zovanii razlichnykh tipov raspylitelei. Nauchnoe soprovozhdenie tekhnologii agropromyshlennogo kompleksa: teoriya, praktika, innovatsii: Nauchnye trudy I-oi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Kazan', 06–07 fevralya 2020 goda. [Results of studies of the viability of microorganisms when using various types of sprayers. Proceedings of 1st International Scientific and Practical Conference]. Kazan': Kazanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. 2020; 108-112 p.
12. Sabirov RF, Valiev AR, Mukhamad'yarov FF. [Substantiation of the design and technological parameters of the device for seed treatment with biological preparations]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 3 (63). 84-89 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-84-89.
13. GOST 34630-2019. [Agricultural machinery. Plant protection machines. Sprayers. Test methods]. Vved. 2021-15-03. Moscow: FGUP "Standartinform". 2020; 38 p.

Authors:

Sabirov Rais Faritovich - senior lecturer, e-mail: agromehnika116@gmail.com
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Valiev Ayrat Rasimovich - Doctor of Technical sciences, associate professor, e-mail: ayratvaliev@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Mukhamad'yarov Farzutdin Fatkutinovich - Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: f_muchamadjarov@mail.ru
 Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia