

DOI

УДК 614.84

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИХРЕВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ  
ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, И. Х. Гайфуллин, А. И. Рудаков, П. В. Зайцев

**Реферат.** Производство качественной продукции животноводства достигается не только разведением продуктивных пород скота, но и соблюдением зоотехнических требований и обеспечения санитарного благополучия в животноводческих помещениях. Для поддержания должного санитарного состояния животноводческих помещений применяются современные технологии, технические средства и препараты для дезинфекции поверхностей, а несоблюдение требований по эксплуатации технических средств и норм расхода дезинфицирующих жидкостей приводит к повышению устойчивости микроорганизмов к противомикробным препаратам. Эффективность дезинфекции во многом зависит от технических возможностей дезинфицирующих установок, и в большей степени от распылительных устройств. Многие исследователи решают сложные задачи оптимизации конструкционных и технологических параметров распылительных устройств, тем самым улучшают их качество распыла. В связи с этим разработан вихревой пневматический распылитель жидкостей для выполнения различных технологий и режимов дезинфекции. Получен дисперсный состав аэрозолей дезинфицирующих жидкостей при различных режимах работы предлагаемой конструкцией распылителя. По экспериментальным данным построены графические зависимости, оказывающие влияние на степень дисперсности рабочих давлений дезинфицирующей жидкости и сжатого воздуха в каналах их подачи. Получены значения расходов вихревого пневматического распылителя при его работе на различных режимах. Построены графические зависимости расхода дезинфицирующей жидкости через распылитель при различных отношениях давлений в каналах подачи сред (дезинфицирующей жидкости и сжатого воздуха) и углов между ними. На основании полученных технических характеристик определены рациональные конструкционные параметры новой конструкции вихревого пневматического распылителя, а именно, угол между пневматическим и жидкостным входными каналами  $\alpha=90^\circ$ , диаметр выходного отверстия  $d=2,0$  мм.

**Ключевые слова:** распылитель, дезинфицирующая жидкость, расход, дисперсный состав.

**Введение.** Техническая и экономическая эффективность санитарно-ветеринарных мероприятий, в том числе проведение дезинфекции помещений и оборудования сельскохозяйственного назначения, во многом зависит от конструкционных особенностей распылителей и определяется качеством распыла, степенью покрытия обрабатываемой поверхности, равномерностью распределения препарата по объекту, расходом препарата и его потерями, что способствует более рациональному использованию всех применяемых ресурсов предприятий АПК [1, 2, 3]. В настоящее время, несмотря на разнообразие конструкций распылителей, остро стоят проблемы снижения расхода дорогостоящих дезинфицирующих средств и повышения эффективности диспергирования [4, 5].

Известно, что чем меньше диаметр капель, тем выше проникающая способность аэрозолей препарата [6, 7]. При работе с гидравлическими распылителями это достигается путем повышения давления в напорной магистрали и требует больших энергетических затрат. В связи с этим, наиболее перспективными для диспергирования жидкостей являются пневматические распылители, в которых дисперсность меняется путем регулирования давления в пневматической напорной магистрали, причем расход жидкости изменяется несущественно [8, 9].

Центробежные (вихревые) распылители позволяют качественно выполнять технологический процесс дезинфекции с меньшим

давлением в напорной магистрали и в сравнении с другими, имеют больший диаметр выходных отверстий (сопел), что позволяет предъявлять меньшие требования к очистке поступающей дезинфицирующей жидкости, увеличить эксплуатационный срок службы, связанный с износом сопел, и равномерно покрывать обрабатываемую поверхность [10, 11, 12].

При диспергировании жидкостей вихревыми пневматическими распылителями, струя выходит из сопла в виде вращающегося потока аэрозолей и на обрабатываемой поверхности образуется кольцевидный след [13].

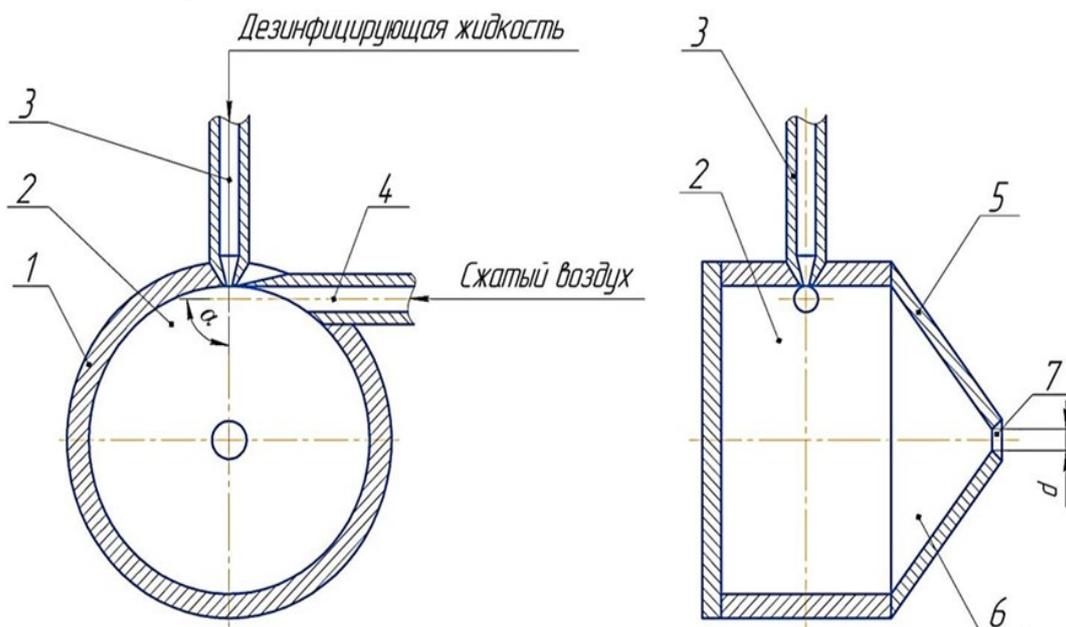
Целью данной работы является исследование и оценка влияния конструкционных параметров нового вихревого пневматического распылителя на характеристики распыла дезинфицирующей жидкости при различных режимах его работы.

Условия, материалы и методы исследований. В результате проведенных ранее исследований и полученных математических моделей были определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на дисперсность распыляемой жидкости [14, 15]:

1. Конструкционные параметры распылителя;
2. Рабочее давление распыляемой жидкости ( $P_{ж}$ , МПа);
3. Рабочее давление сжатого воздуха ( $P_{с}$ , МПа);
4. Угол между входными каналами ( $\alpha$ , град).

Для определения степени и характера влияния этих факторов на дисперсность распыляемой жидкости разработан и изготовлен вихревой пневматический распылитель дезинфицирующих жидкостей (рис. 1). Распылитель состоит из корпуса 1 с цилиндрической камерой закручивания 2 и каналов, расположенных под углом  $\alpha$ , друг к другу: радиального

3 – для подачи дезинфицирующей жидкости и тангенциального 4 – для подачи струи сжатого воздуха; конусообразной крышки 5, которая образует конусную камеру закручивания 6. Камера закручивания имеет угол конусности равный 120 град. На вершине угла камеры закручивания расположено отверстие 7 для выхода аэрозолей.



1 – корпус; 2 – камера закручивания; 3 – канал для подачи дезинфицирующей жидкости; 4 – канал для подачи струи сжатого воздуха; 5 – крышка конусообразная; 6 – камера закручивания; 7 – отверстие;  $\alpha$  – угла между входными каналами;  $d$  – диаметр выходного отверстия

Рис. 1 – Вихревой пневматический распылитель дезинфицирующей жидкости

В предлагаемой конструкции распылителя происходит двухэтапное диспергирование жидкости: сначала при помощи струи сжатого воздуха, а затем за счет увеличения скорости вращения и центробежных сил в конической камере [16, 17]. Анализ и обсуждение результатов исследования. Проведены экспериментальные исследования по определению оптимальных конструкционных параметров и дисперсного состава аэрозолей при различных

режимах работы вихревого пневматического распылителя.

Определены размеры аэрозолей  $D$  (табл. 1) при различных отношениях давлений в пневматическом и жидкостном каналах

$$\frac{P_v}{P_{ж}} = \mu$$

и углах между входными каналами  $\alpha$ .

Таблица 1 – Экспериментальные значения размеров аэрозолей  $D$  при различных значениях  $\mu$  и  $\alpha$

$\frac{P_v}{P_{ж}} = \mu$	$D$ , мкм при $\alpha=45^\circ$	$D$ , мкм при $\alpha=60^\circ$	$D$ , мкм при $\alpha=90^\circ$
0,5	86	78	69
1	71	64	54
1,5	57	50	40
2	44	36	26
2,5	35	26	15
3	28	20	8

На основании полученных значений размеров аэрозолей  $D_{cp}$  были построены зависимости (рис. 2) при различных отношениях

давлений в пневматическом и жидкостном каналах  $\mu$  и углах между входными каналами  $\alpha$ .

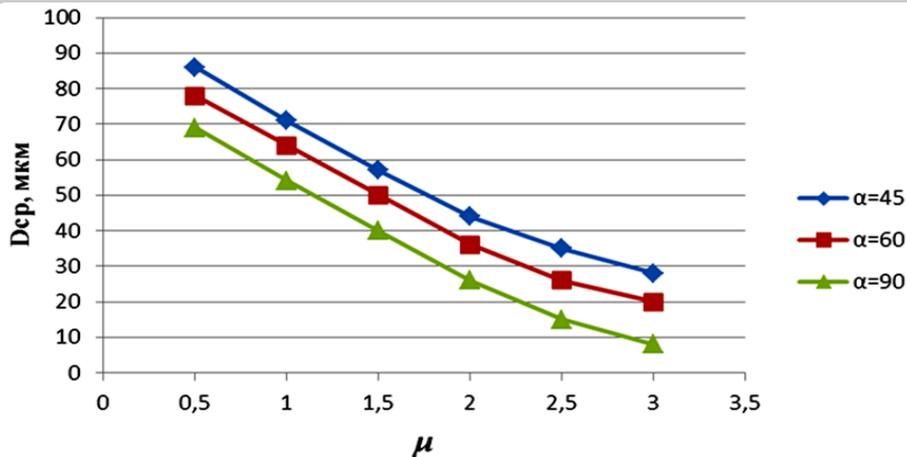


Рис. 2 – Зависимость размеров аэрозолей  $D_{cp}$  при различных отношениях давлений в пневматическом и жидкостном каналах  $\mu$  и углах между входными каналами  $\alpha$

Из фигуры 2 видно, что с увеличением  $\mu$  размер аэрозолей уменьшается.

Это связано повышением эффективности пневматического диспергирования дезинфицирующей жидкости путем увеличения давления сжатого воздуха в пневматическом канале [18]. В ходе экспериментов так же определен расход  $Q_{cp}$  дезинфицирующей

жидкости (табл. 2) при различных отношениях давлений в пневматическом и жидкостном каналах

$$\frac{P_v}{P_{ж}} = \mu$$

и углах между входными каналами  $\alpha$ .

Таблица 2 – Экспериментальные значения расходов  $Q$  дезинфицирующей жидкости при различных значениях  $\mu$  и  $\alpha$

$\frac{P_v}{P_{ж}} = \mu$	$Q$ , мл/мин при $\alpha=45^\circ$	$Q$ , мл/мин при $\alpha=60^\circ$	$Q$ , мл/мин при $\alpha=90^\circ$
0,5	0,32	0,32	0,29
1	0,31	0,3	0,27
1,2	0,29	0,27	0,24
1,4	0,26	0,24	0,21
1,6	0,24	0,21	0,17
1,8	0,21	0,17	0,09
2	0,17	0,12	0,05

На основании полученных значений расходов  $Q$  дезинфицирующей жидкости построены зависимости (рис. 3) при различных

отношениях давлений в пневматическом и жидкостном каналах  $\mu$  и углах между входными каналами  $\alpha$ .

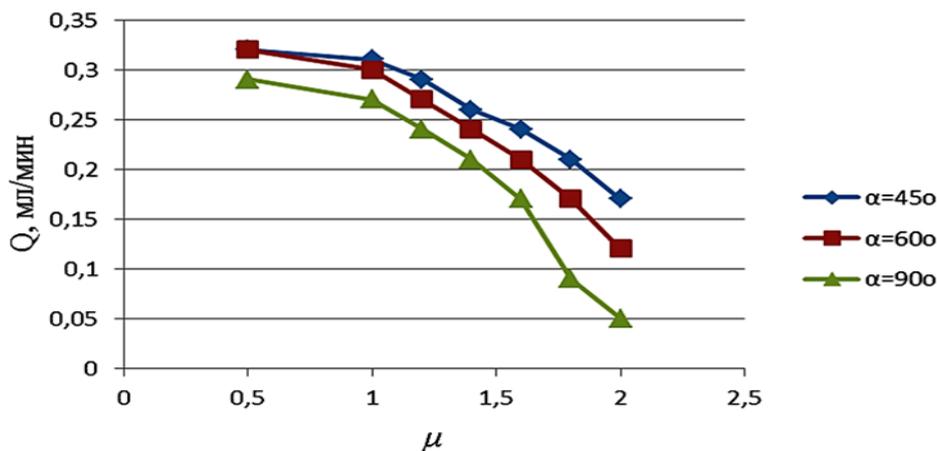


Рис. 3 – Зависимость расхода дезинфицирующей жидкости  $Q$  через распылитель при различных отношениях давлений в пневматическом и жидкостном каналах  $\mu$  и углах между входными каналами  $\alpha$

Из фигуры 3 видно, что с увеличением  $\mu$  расход дезинфицирующей жидкости уменьшается. Это связано частичным запирающим канала для подачи дезинфицирующей жидкости за счет увеличения давления сжатого воздуха в пневматическом канале [19, 20].

Результаты исследований показали, что рациональными конструктивными параметрами распылителя являются угол между пневматическим и жидкостным входными каналами  $\alpha=90^\circ$ , диаметр выходного отверстия  $d=2,0$  мм.

Предлагаемая конструкция вихревого центробежного распылителя позволяет при постоянном расходе, регулировать дисперсность распыла, равномерно покрыть обрабатываемую поверхность, тем самым повысить эффективность дезинфекции.

**Выводы.** Создана новая конструкция вихревого пневматического распылителя, позволяющая получить монодисперсные аэрозоли и достоверные экспериментальные данные, влияющие на качество диспергирования дезинфицирующих средств.

Получены конструкционные и технологические зависимости вихревого пневматического распылителя, обеспечивающие формирование аэрозолей с определенными дисперсными характеристиками при различных режимах его работы.

Получены графические зависимости размеров аэрозолей и расхода дезинфицирующей жидкости от технологических параметров вихревого пневматического распылителя, позволяющие определить его режимы работы для получения необходимой дисперсности.

### Литература

1. Государственное регулирование аграрного сектора в условиях санкций и развития цифровой экономики / Э.Ф. Амирова, И.Н. Сафиуллин, Л.Г. Ибрагимов, Н.В. Карпова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3(54). – С. 133-137. – DOI 10.12737/article\_5db987940f8763.55129461.
2. Human resources in the context of digitalization of agriculture / M.S. Faskhutdinova, E.F. Amirova, I.N. Safiullin, L.G. Ibragimov // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00020. – DOI 10.1051/bioconf/20202700020.
3. Газетдинов, М.Х. Механизмы влияния социально-экономических факторов сельских территорий на результаты аграрного производства / М.Х. Газетдинов, Ш.М. Газетдинов, О.С. Семичева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 119-123. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-119-123.
4. Тетерина, О.А. Влияние аэрозольной обработки гуминовыми препаратами на посевные качества семян зерновых культур / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, С.В. Митрофанов [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 2. – С. 254-267. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202002.254-267.
5. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / A.I. Ryazantsev, G.V. Olgarenko, I.A. Uspensky [et al.] // . – 2019. – Vol. 14, No. 3. – P. 677-685.
6. Оценка распределения капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности / Б.Л. Иванов, Б.Г. Зиганшин, А.И. Рудаков, М.А. Лушнов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3(54). – С. 103-107. – DOI 10.12737/article\_5db969d80165a4.44685655.
7. Теория распыливания жидкости форсунками / Б.Л. Иванов, Б.Г. Зиганшин, Р.Ф. Шарафеев, И.Р. Сагбиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 2(53). – С. 95-99. – DOI 10.12737/article\_5d3e174f90fe69.76703992.
8. Numerical simulation of two-phase «Air-Seed» flow in the distribution system of the grain seeder / S.G. Mudarisov, I.D. Badretdinov, Z.S. Rakhimov [et al.] // . – 2020. – Vol. 168. – P. 105151.
9. Мударисов, С. Г. Моделирование пневматических распределительных систем зерновых сеялок методами двухфазных течений / С. Г. Мударисов, З. С. Рахимов, Р. Т. Гареев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4(44). – С. 45-49. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-45-49.
10. Галиев, И.Г. Результаты определения оптимальных значений межремонтных наработок тракторов в аграрном производстве с учетом уровня их эксплуатации / И.Г. Галиев, Р.К. Хусаинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 2(40). – С. 87-90. – DOI 10.12737/20643.
11. Кинематический анализ и обоснование параметров спирально-винтового рабочего органа почвообрабатывающей машины / Л.М. Нуриев, Ф.Ф. Яруллин, С.М. Яхин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 2(58). – С. 114-119. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-114-119.
12. Calibration of soil humidity sensors of automatic irrigation controller / R.F. Sabirov, B.L. Ivanov, M.A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019): International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00249. – DOI 10.1051/bioconf/20201700249.
13. Абделфаттах, А.Х. Исследование некоторых параметров капельного орошения путем гидравлической оценки капельниц / А.Х. Абделфаттах, Б.Л. Иванов, Б.Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 2(53). – С. 72-76. – DOI 10.12737/article\_5d3e16a2797c33.30469219.
14. Зиннатуллина, А.Н. Численное моделирование конвективной диффузии в пористой среде / А.Н. Зиннатуллина, Р.И. Ибятков // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6, № 2(20). – С. 100-102.
15. Zinnatullina, A.N. Simulating a pollution process in water filtration under a hydraulic structure / A.N. Zinnatullina, R.I. Ibyatov, M.N. Shamsiev // . – 2015. – Vol. 7, No. 3. – P. 254-258. – DOI 10.1134/S2070048215030114.
16. Kostenko, M.Yu. Installation for applying aerosol humates in the flow of agricultural products /

- I.N. Goryachkina, O.A. Teterina, M.Yu. Kostenko [et al.] // Vestnik RESKH. – 2017. – № 4(29). – pp. 124-128.
17. Kostenko, M. Yu. Study of the operation of a hot fog generator during the processing of stalks / M.Yu. Kostenko, R.V. Beznosyuk, I.N. Goryachkina [et al.] P.A. Kostychev. - 2019. - No. 4 (44). - pp. 87-92.
18. Kostenko, M.Yu. Study of the trajectories of the movement of drops of a sprinkling machine / G.K. Rembavlovich, A.I. Ryazantsev, M.Yu. Kostenko [et al.] // Vestnik Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostychev. - 2018. - No. 4(40). - S. 138-142.
19. Ivanov B.L., Ziganshin B.G., Dmitriev A.V., Pikhullin G.V. and Mustafin A.A. Droplet size of virocidic disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for rural development: 20th International Scientific Conference. – Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122.
20. Lekomtsev, P.L. Study of aerosol charging in electro-aerosol generator / P.L. Lekomtsev, A.V. Savushkin, E.V. Dresvyannikova, A. M. Niyazov // Journal of Applied Engineering Sciences. – 2017. – Vol. 7. – No 2(20). – pp. 69-77.

**Сведения об авторах:**

Иванов Борис Литта – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: littab@mail.ru  
 Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор РАН, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: zigan66@mail.ru  
 Гайфуллин Ильнур Хамзович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru  
 Рудаков Александр Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры машины и оборудование в агробизнесе, e-mail: rud-38@mail.ru  
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия  
 Зайцев Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры механизация, электрификация и автоматизация, e-mail: zaicevpet@mail.ru  
 Чувашский государственный аграрный университет, г Чебоксары, Россия

**STUDY OF THE OPERATION OF A VORTEX PNEUMATIC SPRAYER OF DISINFECTANT LIQUIDS**  
**B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, I. Kh. Gayfullin, A. I. Rudakov, P. V. Zaitsev**

**Abstract.** The production of high-quality livestock products is achieved not only by breeding productive livestock breeds, but also by observing zootechnical requirements and ensuring sanitary well-being in livestock buildings. To maintain the proper sanitary condition of livestock buildings, modern technologies, technical means and preparations for disinfecting surfaces are used, and non-compliance with the requirements for the operation of technical means and the consumption rates of disinfectant liquids leads to an increase in the resistance of microorganisms to antimicrobial drugs. The effectiveness of disinfection largely depends on the technical capabilities of disinfection units, and to a greater extent on spray devices. Many researchers solve complex problems of optimizing the design and technological parameters of spray devices, thereby improving their spray quality. In this regard, a vortex pneumatic liquid sprayer has been developed to perform various technologies and disinfection modes. The dispersed composition of aerosols of disinfecting liquids was obtained under various operating modes by the proposed design of the sprayer. Based on the experimental data, graphical dependencies are constructed that affect the degree of dispersion of the working pressures of the disinfectant liquid and compressed air in the channels of their supply. The values of flow rates of a vortex pneumatic atomizer during its operation in various modes are obtained. Graphic dependences of the disinfectant liquid flow rate through the sprayer are plotted at different pressure ratios in the media supply channels (disinfectant liquid and compressed air) and the angles between them. Based on the obtained technical characteristics, the rational design parameters of the new design of the vortex pneumatic atomizer were determined, namely, the angle between the pneumatic and liquid inlet channels  $\alpha=90^\circ$ , the diameter of the outlet  $d=2.0$  mm.

**Key words:** sprayer, disinfectant liquid, consumption, dispersed composition.

**References**

1. Amirova EF, Safiullin IN, Ibragimov LG, Karpova NV. [State regulation of the agricultural sector in the context of sanctions and the development of the digital economy]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3(54). 133-137 p. – DOI 10.12737/article\_5db987940f8763.55129461.
2. Faskhutdinova MS, Amirova EF, Safiullin IN, Ibragimov LG. Human resources in the context of digitalization of agriculture. [Internet]. Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28-30 maya 2020 goda. Kazan: EDP Sciences. 2020; 00020 p. – DOI 10.1051/bioconf/20202700020.
3. Gazetdinov MKh, Gazetdinov ShM, Semicheva OS. [Mechanisms of influence of social and economic factors of rural areas on the results of agricultural production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 2(66). 119-123 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-119-123.
4. Teterina OA, Teterin VS, Mitrofanov SV. [Influence of aerosol treatment with humic preparations on the sowing qualities of seeds of grain crops]. Inzhenernye tekhnologii i sistemy. 2020; Vol.30. 2. 254-267 p. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202002.254-267.
5. Ryazantsev AI, Olgarenko GV, Uspenskiy IA. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines. 2019; Vol.14. 3. 677-685 p.
6. Ivanov BL, Ziganshin BG, Rudakov AI, Lushnov MA. [Evaluation of the disinfectant liquid drops distribution over the treated surface]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3(54). 103-107 p. – DOI 10.12737/article\_5db969d80165a4.44685655.
7. Ivanov BL, Ziganshin BG, Sharafiev RF, Sagbiev IR. [Theory of liquid atomization by nozzles]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 2(53). 95-99 p. – DOI 10.12737/article\_5d3e174f90fe69.76703992.
8. Mudarisov SG, Badretdinov ID, Rakhimov ZS. Numerical simulation of two-phase “Air-Seed” flow in the distribution system of the grain seeder. 2020; Vol.168. 105151 p.
9. Mudarisov SG, Rakhimov ZS, Gareev RT. [Modeling of pneumatic distribution systems of grain seeders by methods of two-phase flows]. Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2018; 4(44). 45-49 p. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-45-49.

10. Galiev IG, Khusainov RK. [The results of determining the optimal values of the time between repairs of tractors in agricultural production, taking into account the level of their operation]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; Vol.11. 2(40). 87-90 p. – DOI 10.12737/20643.
11. Nuriev LM, Yarullin FF, Yakhin SM. [Kinematic analysis and substantiation of the parameters of the spiral-screw working unit of a soil-cultivating machine]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol.15. 2(58). 114-119 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-114-119 p.
12. Sabirov RF, Ivanov BL, Lushnov MA. Calibration of soil humidity sensors of automatic irrigation controller. International scientific-practical conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019): Kazan, 13-14 noyabrya 2019 goda. Vol.17. Kazan: EDP Sciences. 2020; 00249 p. – DOI 10.1051/bioconf/20201700249.
13. Abdelfattakh AKh, Ivanov BL, Ziganshin BG. [Study of some parameters of drip irrigation by hydraulic assessment of droppers]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 2(53). 72-76 p. – DOI 10.12737/article\_5d3e16a2797c33.30469219.
14. Zinnatullina AN, Ibyatov RI. [Numerical modeling of convective diffusion in a porous medium]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011; Vol.6. 2(20). 100-102 p.
15. Zinnatullina AN, Ibyatov RI, Shamsiev MN. [Simulating a pollution process in water filtration under a hydraulic structure]. 2015; Vol.7. 3. 254-258 p. – DOI 10.1134/S2070048215030114.
16. Kostenko MYu, Goryachkina IN, Teterina OA. Installation for applying aerosol humates in the flow of agricultural products. Vestnik RESKh. – 2017; 4(29). 124-128 p.
17. Kostenko MYu, Beznosyuk RV, Goryachkina IN. Study of the operation of a hot fog generator during the processing of stalks. 2019; 4 (44). 87-92 p.
18. Kostenko MYu, Rembalovich GK, Ryazantsev AI. Study of the trajectories of the movement of drops of a sprinkling machine. Vestnik Ryazan State Agrotechnological University named after P.A.Kostychev. 2018; 4(40). 138-142 p.
19. Ivanov BL, Ziganshin BG, Dmitriev AV, Pikmullin GV, Mustafin AA. Droplet size of viroicide disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions. [Internet]. Engineering for rural development: 20th International scientific conference. Jelgava: Latvia University of life sciences and technologies. 2021; 564-571 p. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122.
20. Lekomtsev PL, Savushkin AV, Dresvyannikova EV, Niyazov AM. Study of aerosol charging in electro-aerosol generator. [Internet]. Journal of applied engineering sciences. 2017; Vol.7. 2(20). 69-77 p.

**Authors:**

Ivanov Boris Litta – Ph.D. of Technical sciences, Associate Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, e-mail: littab@mail.ru  
 Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, e-mail: zigan66@mail.ru  
 Gayfullin Ilnur Khamzovich – Ph.D. of Technical sciences, Senior Lecturer Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru  
 Rudakov Aleksandr Ivanovich – Doctor of Technical sciences, Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, e-mail: rud-38@mail.ru  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia  
 Zaitsev Peter Vladimirovich – Doctor of Technical sciences, Professor Mechanization, electrification and automation Department, e-mail: zaycevp@pet@mail.ru  
 Chuvash state agrarian University, Cheboksary, Russia.