

### Аналитические исследования технических параметров самодвижущихся опрыскивателей

Евгений Евгеньевич Демин, Александр Сергеевич Старцев, Андрей Анатольевич Протасов,  
Галина Евгеньевна Шардина, Евгений Сергеевич Нестеров  
Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия  
psminapk@mail.ru

**Аннотация.** В результате исследований величин технических характеристик самодвижущихся штанговых опрыскивателей отечественных и зарубежных моделей и модификаций обобщены значения массы, мощности установленного двигателя и объема бака рабочего раствора. Получены их поля корреляции и зависимости. Получена теоретическая и экспериментальная закономерность изменения частоты объема бака рабочего раствора опрыскивателей. Определены среднее значение исследуемого параметра, стандартное отклонение и коэффициент вариации. Установлены: интервал изменения среднего значения и 95%-й диапазон изменения величины значений объема бака рабочего раствора опрыскивателей.

**Ключевые слова:** самодвижущиеся штанговые опрыскиватели; мощность установленного двигателя; теоретическая и экспериментальная закономерность; масса; объем бака рабочего раствора; поле корреляции; зависимость.

**Для цитирования:** Демин Е. Е., Старцев А. С., Протасов А. А., Шардина Г. Е., Нестеров Е. С. Аналитические исследования технических параметров самодвижущихся опрыскивателей // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 112–114. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp112-114>.

#### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Analytical studies of technical parameters of self-propelled sprayers

Evgeny E. Demin, Alexander S. Startsev, Andrey A. Protasov, Galina E. Shardina, Evgeny S. Nesterov  
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia  
psminapk@mail.ru

**Abstract.** As a result of studies of the values of the technical characteristics of self-propelled rod sprayers of domestic and foreign models and modifications, the values of the mass, power of the installed engine and the volume of the working fluid tank are analyzed. Their correlation and dependence fields are obtained. The theoretical and empirical laws of the distribution series, the mathematical expectation, the standard deviation, the coefficient of variation, the confidence interval of the average value, the 95% range of the distribution of the values of the volume of the tank of the working fluid of the sprayers are determined.

**Keywords:** self-propelled rod sprayers; installed engine power; theoretical and empirical laws of the distribution series; mass; volume of the working fluid tank; correlation field; dependence.

**For citation:** Demin E. E., Startsev A. S., Protasov A. A., Shardina G. E., Nesterov E. S. Analytical studies of technical parameters of self-propelled sprayers. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(12): 112–114. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp112-114>.

**Введение.** С целью обеспечения продовольственной безопасности страны необходимо увеличение производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции. Это может быть обеспечено за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Особое значение в повышении урожайности культур имеет защита растений от вредителей и болезней. В основном средства защиты растений вносят опрыскивателями на самоходном ходу с размещением рабочих органов на штангах.

Перспективные направления развития технических средств защиты растений могут быть реализованы на основе повышения технического уровня самодвижущихся штанговых опрыскивателей и их рабочих органов. Для выявления перспективных путей совершенствования штанговых опрыскивателей необходимо выполнить исследования технико-экономических показателей образцов опрыскивателей и установить зависимости между ними.

Повышение технического уровня опрыскивателей связано с такими параметрами, как мощность установленного двигателя, масса опрыскивателя без рабочего раствора и объем бака [2, 6].

Цель исследования – оценить мировой уровень опрыскивателей на самоходном ходу в технических показателях для совершенствования технологического процесса.

**Методика исследований.** В процессе исследований были намечены следующие задачи: определить зависимости мощности двигателя  $P$ , кВт, и конструкционной массы  $m$ , т, от объема бака рабочего раствора  $V_6$ , м<sup>3</sup>, для мировых образцов самодвижущихся опрыскивателей, получить закономерность изменения частоты величины объема бака рабочего раствора. Для решения поставленной задачи были собраны технические характеристики опрыскивателей на самоходном ходу ведущих мировых производителей и обработаны методами математической статистики по алгоритму [3].

В итоге определены существенные значения коэффициентов парной корреляции:  $r_{P V_6} = 0,816$ ;  $r_{m V_6} = 0,856$ .



Обработка результатов методом наименьших квадратов позволила получить статистически значимые уравнения связи:

$$P = 24,489V_6 + 51,368; \quad (1)$$

$$m = 1,905V_6 + 1,975, \quad (2)$$

адекватно отражающие закономерности сложившейся практики в отечественном и зарубежном производстве опрыскивателей на самоходном ходу с размещением рабочих органов на штангах.

Анализ графиков (рис. 1, 2), построенных по полученным уравнениям, показывает, что характер зависимостей в обоих случаях прямолинейный. С увеличением объема бака рабочего раствора опрыскивателя его масса увеличивается равномерно. Физический смысл этого явления следующий. Увеличение объема бака и, соответственно, массы рабочего раствора в нем приводит к возрастанию действующих сил на раму, ходовую часть и другие материалоемкие узлы и детали опрыскивателя [7]. Это приводит к увеличению размеров агрегатов, деталей и, соответственно, их массы для обеспечения допустимого запаса прочности [11].

Линейная зависимость между мощностью установленного двигателя  $P$  и объемом бака  $V_6$  для рабочего раствора доказывает, что у самоходных опрыскивателей нет значимых изменений по одному из показателей [8, 12].

С увеличением объема бака рабочего раствора повышается работа в единицу времени двигателя или его мощность, что связано с увеличением мощности на самопередвижение опрыскивателя при работе, привод системы приготовления и доставки раствора к рабочим органам с последующим покрытием растений. Результаты подтверждают данные исследований по другим самоходным энергонасыщенным системам [3, 4].

Для решения следующей задачи мы определили закономерность изменения частоты величин значений объема бака  $V_6$  рабочего раствора самоходных опрыскивателей.

**Результаты исследований.** В результате определено, что распределение значений объема бака рабочего раствора самоходных штанговых опрыскивателей имеет нормальный закон, описывается выражением (3) и имеет статистики, которые вычислены и приведены в таблице.

$$f'_j(x) = \frac{n_x}{(\sigma_x \sqrt{2\pi})} \exp \left[ -\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2} \right], \quad (3)$$

где  $f'_j(x)$  – частота исследуемого параметра, %;  $x_i$  – текущее значение исследуемого параметра.

Статистики значений объема бака рабочего раствора самоходных штанговых опрыскивателей

Показатель	Числонаблюдений, $n_x$ , шт.	Среднее значение $\bar{x}_j$	Стандартное отклонение, $\sigma_x$	Интервал изменения среднего значения при уровне статистической значимости $\alpha = 0,95$	Коэффициент вариации $V$ %
$V_6, \text{ м}^3$	266	3,681	1,284	3,53 ... 3,83	34,9

Сравнение теоретической и экспериментальной закономерности изменения частоты значений объема бака рабочего раствора самоходных опрыскивателей (рис. 3) выполнено с помощью критерия Пирсона [4]. Существующее в мире количество опрыскивателей со средним значением объема бака  $3,37 \text{ м}^3$  меньше количества моделей опрыскивателей со значением объема бака  $2,45 \text{ м}^3$ . Количество моделей опрыскивателей со средним значением объема бака  $7,07 \text{ м}^3$  не существует.

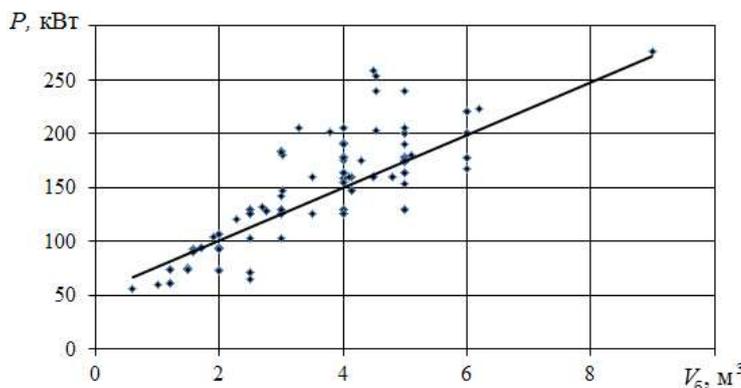


Рис. 1. Поле корреляции и закономерность изменения мощности двигателя от объема бака рабочего раствора самоходных штанговых опрыскивателей

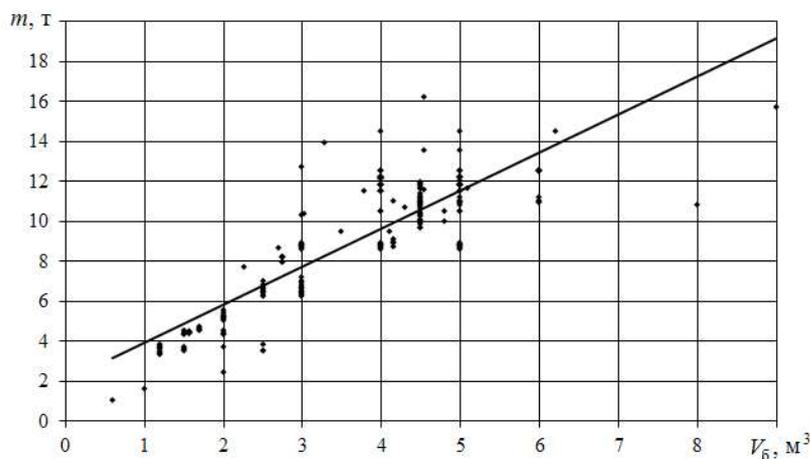
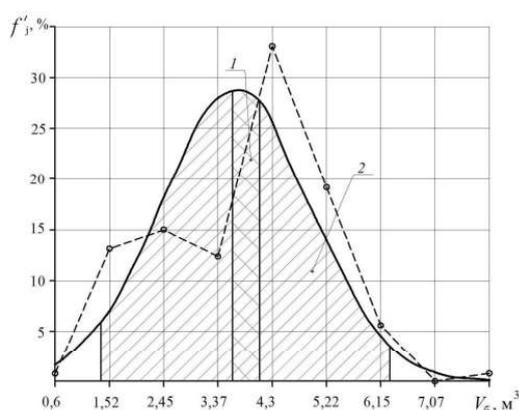


Рис. 2. Поле корреляции и закономерность изменения массы самоходных штанговых опрыскивателей от объема бака рабочего раствора





**Рис. 3.** Изменение частоты значений объема бака самоходных штанговых опрыскивателей: — теоретическое; — о — о экспериментальное; 1 — интервал изменения среднего значения при уровне статистической значимости  $\alpha = 0,95$ ; 2 — диапазон 95% исследуемых моделей самоходных штанговых опрыскивателей

В итоге, распределение объема бака рабочего раствора штанговых опрыскивателей имеет коэффициент вариации 34,9%. У 95% исследуемых моделей самоходных штанговых опрыскивателей значения объема бака рабочего раствора  $V_б$  составляют 1,11...6,25 м<sup>3</sup>.

Таким образом, отношение максимального объема бака для рабочего раствора к его минимальному значению у опрыскивателей составляет 5,6. Такое варьирование исследуемого параметра, на наш взгляд, связано с тем, что опрыскиватели на самоходном ходу с размещением рабочих органов на штангах в мировой практике проектируются для конкретных условий работы в зависимости от природно-климатических зон [1, 9] и необходимости обеспечения качества технологического процесса при разных условиях эксплуатации [3, 10].

**Заключение.** Получены зависимости мощности двигателя и массы самоходных штанговых опрыскивателей различных моделей отечественных и зарубежных компаний от объема бака рабочего раствора. Определен теоретический закон изменения значений объема бака рабочего раствора самоходных опрыскивателей отечественных и зарубежных производителей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агробаза. Сельхозтехника и оборудование. Опрыскиватели штанговые прицепные. [https://www.agrobase.ru/catalog/category/machinerycategory\\_483](https://www.agrobase.ru/catalog/category/machinerycategory_483) (дата обращения : 14.09.2021).
2. АгроXXI. Агропромышленный портал. Самоходные опрыскиватели. <https://www.agroxxi.ru/stati/samohodnye-opryskivateli.html> (дата обращения 10.07.2021).
3. Демин Е. Е., Старцев А. С., Серебряков А. А. Энергонасыщенность и материалоемкость зерноуборочных комбайнов // Техника будущего: перспективы развития сельскохозяйственной техники: сб. науч. тр. ФГОУ ВПО КубГАУ. Краснодар, 2013. С. 215–225.
4. Дубинин В. Ф., Демин Е. Е. Повышение технического уровня фронтальных ковшевых погрузчиков // Транспортное обслуживание агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. М., 1989. Т. 121. С. 138–144.
5. ЛБР. Сельхозтехника. Запчасти. Навесной опрыскиватель CLAAS [https://www.lbr.ru/opryskivateli/navesnye/class-400?source=agrobase.ru&device=desktop&utm\\_source=yandex&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=штанговый%20опрыскиватель&utm\\_content=10649938575&utm\\_campaign=Ximicheskaya\\_zashhita\\_Navesnye\\_RSYA&yclid=5811788899410019294](https://www.lbr.ru/opryskivateli/navesnye/class-400?source=agrobase.ru&device=desktop&utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_term=штанговый%20опрыскиватель&utm_content=10649938575&utm_campaign=Ximicheskaya_zashhita_Navesnye_RSYA&yclid=5811788899410019294) (дата обращения : 17.09.2021).
6. Пегас. Агро. Руководство по эксплуатации. Опрыскиватель-разбрасыватель самоходный «Туман-1М». <https://agrotek.pro/upload/iblock/3fe/3fe8f535359047ce462437bb5b0d2a68.pdf> (дата обращения : 25.08.2021).
7. Современное производство и техника. Itehn.com. Опрыскиватели. Виды, характеристики и тенденции развития импортных опрыскивателей. [https://itexn.com/1550\\_opryskivateli-vidy-harakteristiki-i-tendencii-razvitiya-importnyh-opryskivatelej.html](https://itexn.com/1550_opryskivateli-vidy-harakteristiki-i-tendencii-razvitiya-importnyh-opryskivatelej.html) (дата обращения 14.08.2021).
8. Agriexpo by virtualexpo group. New for professionals. Receive and compare quotations for free. Self-propelled sprayers. [https://www.agriexpo.online/agricultural-manufacturer/self-propelled-sprayer-2366-\\_2.html](https://www.agriexpo.online/agricultural-manufacturer/self-propelled-sprayer-2366-_2.html) (дата обращения 24.09.2021).
9. John Deere. 616R. Features. <https://www.deere.com/en/sprayers/400-600-series/616r-sprayer/> (дата обращения : 11.09.2021).
10. Promplace.ru. Техника и оборудование. Сельхозоборудование для земледелия. Самоходные опрыскиватели – характеристики и конструкция. <https://promplace.ru/samohodnie-opryskivateli-harakteristiki-i-konstrukciya-445.htm> (дата обращения : 24.07.2021).
11. Rosagromash. Самоходный штанговый опрыскиватель «Туман 3». <https://опрыскиватели-туман.rf/туман-3/штанговый-опрыскиватель-туман-3/> (дата обращения : 12.08.2021).
12. Rostselmash. Professional Agrotechnics. Самоходный распылитель SX 275. [http://www.en.rostselmash.com/products/sprayers/SX\\_275](http://www.en.rostselmash.com/products/sprayers/SX_275) (дата обращения : 26.09.2021).

#### REFERENCES

1. Agrobase. Agricultural machinery and equipment. Rod trailed sprayers. [[https://www.agrobase.ru/catalog/category/machinerycategory\\_483](https://www.agrobase.ru/catalog/category/machinerycategory_483)] (Access date: 14.09.2021). (In Russ.).
2. Agro XXI. Agro-industrial portal. Self-propelled sprayers. [<https://www.agroxxi.ru/stati/samohodnye-opryskivateli.html>] (Access date: 10.07.2021). (In Russ.).
3. Demin E. E., Startsev A. S., Serebryakov A. A. Energy saturation and material consumption of combine harvesters. *Technique of the future : prospects for the development of agricultural machinery*. Krasnodar, 2013; 215–225. (In Russ.).
4. Dubinin V. F. Demin E. E. Improving the technical level of front bucket loaders. *Transport service of the agro-industrial complex*. Moscow. 1989; 121: 138–144. (In Russ.).
5. LBR. Agricultural machinery. Spare parts. Mounted sprayer CLAAS. [https://www.lbr.ru/opryskivateli/navesnye/class-400?source=agrobase.ru&device=desktop&utm\\_source=yandex&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=штанговый%20опрыскиватель&utm\\_content=10649938575&utm\\_campaign=Ximicheskaya\\_zashhita\\_Navesnye\\_RSYA&yclid=5811788899410019294](https://www.lbr.ru/opryskivateli/navesnye/class-400?source=agrobase.ru&device=desktop&utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_term=штанговый%20опрыскиватель&utm_content=10649938575&utm_campaign=Ximicheskaya_zashhita_Navesnye_RSYA&yclid=5811788899410019294) (Access date: 17.09.2021). (In Russ.).
6. Pegas. Agro. Operation manual. Sprayer-spreader self-propelled «Fog-1M». <https://agrotek.pro/upload/iblock/3fe/3fe8f535359047ce462437bb5b0d2a68.pdf> (Access date: 08/25/2021). (In Russ.).
7. Modern production and technology. Itehn.com. Sprayers. Types, characteristics and development trends of imported sprayers. [https://itexn.com/1550\\_opryskivateli-vidy-harakteristiki-i-tendencii-razvitiya-importnyh-opryskivatelej.html](https://itexn.com/1550_opryskivateli-vidy-harakteristiki-i-tendencii-razvitiya-importnyh-opryskivatelej.html) (Access date: 14.08.2021). (In Russ.).
8. Agriexpo by virtualexpo group. New for professionals. Receive and compare quotations for free. Self-propelled sprayers. [https://www.agriexpo.online/agricultural-manufacturer/self-propelled-sprayer-2366-\\_2.html](https://www.agriexpo.online/agricultural-manufacturer/self-propelled-sprayer-2366-_2.html) (Access date: 24.09.2021). (In Russ.).
9. John Deere. 616R. Features. <https://www.deere.com/en/sprayers/400-600-series/616r-sprayer/> (Access date: 11.09.2021). (In Russ.).
10. Promplace.ru. Machinery and equipment. Agricultural equipment for agriculture. Self-propelled sprayers - characteristics and design. <https://promplace.ru/samohodnie-opryskivateli-harakteristiki-i-konstrukciya-445.htm> (Access date: 07/24/2021). (In Russ.).
11. Rosagromash. Self-propelled rod sprayer «Fog 3». <https://опрыскиватели-туман.rf/fog-3/rod-sprayer-fog-3/> (Access date: 12.08.2021).
12. Rostselmash. Professional Agrotechnics. Self-propelled sprayer SX 275. [http://www.en.rostselmash.com/products/sprayers/SX\\_275](http://www.en.rostselmash.com/products/sprayers/SX_275) (Access date: 09/26/2021). (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 28.05.2021; одобрена после рецензирования 12.06.2021; принята к публикации 20.06.2021.  
The article was submitted 28.05.2021; approved after reviewing 12.06.2021; accepted for publication 20.06.2021.

