

**Результаты исследований мощности установленных двигателей и массы
самоходных штанговых опрыскивателей**

Евгений Евгеньевич Демин, Александр Сергеевич Старцев, Павел Иванович Павлов, Галина Евгеньевна Шардина

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

e-mail: ahilles974@mail.ru

Аннотация. Особую роль в производстве сельскохозяйственной продукции играют защита растений и внесение минеральных удобрений. Для совершенствования технологических процессов и разработки новых моделей самоходных штанговых опрыскивателей целесообразно определить законы распределения их технических параметров. У ряда распределения мощности установленных двигателей самоходных штанговых опрыскивателей коэффициент вариации составляет 30,4 %, что свидетельствует о близости распределения к нормальному. Для 95 % рассмотренных моделей самоходных опрыскивателей величина мощности двигателей находится в пределах 55,1...225,3 кВт. Изменяется она примерно в 4,1 раза, что свидетельствует о наличии множества различных факторов, существенно влияющих на конструктивные особенности самоходных опрыскивателей. В том числе, это может быть связано и с запросами потребителей. Представлены теоретические и эмпирические законы ряда распределения массы самоходных штанговых опрыскивателей. Исследуемый показатель имеет коэффициент вариации равный 35,1 %. При доверительной вероятности 0,95 вычислено, что масса штанговых опрыскивателей составляет 2,69...15,35 т.

Ключевые слова: самоходные штанговые опрыскиватели; мощность установленного двигателя; масса; коэффициент вариации; поле корреляции; зависимость.

Для цитирования: Демин Е. Е., Старцев А. С., Павлов П. И., Шардина Г. Е. Результаты исследований мощности установленных двигателей и массы самоходных штанговых опрыскивателей // Аграрный научный журнал. 2022. № 12. С. 73–76. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp73-76>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Results of studies of the power of installed engines and the mass
of self-propelled rod sprayers**

Evgeny E. Demin, Alexander S. Startsev, Pavel I. Pavlov, Galina E. Shardina

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

e-mail: ahilles974@mail.ru

Abstract. Plant protection and the application of mineral fertilizers play an important role in the production of agricultural products. To improve technological processes and develop new models of self-propelled rod sprayers, it is advisable to determine the laws of distribution of their technical parameters. A number of the power distribution of the installed engines of self-propelled rod sprayers has a coefficient of variation of 30.4%, which indicates that the distribution is close to normal. For 95% of the considered models of self-propelled sprayers, the power value of the engines is in the range of 55.1 ... 225.3 kW. It changes approximately 4.1 times, which indicates the presence of many different factors that significantly affect the design features of self-propelled sprayers. In particular, this may be related to consumer requests. Theoretical and empirical laws of a series of mass distribution of self-propelled rod sprayers are presented. The studied indicator has a coefficient of variation equal to 35.1%. With a confidence probability equal to 0.95, it is calculated that the weight of the rod sprayers is 2.69 ... 15.35 tons.

Keywords: self-propelled rod sprayers; installed engine power; mass; coefficient of variation; correlation field; dependence.

For citation: Demin E. E., Startsev A. S., Pavlov P. I., Shardina G. E. Results of studies of the power of installed engines and the mass of self-propelled rod sprayers // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(12):73–76. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp73-76>.

Введение. Концепцией развития аграрной науки РФ на период до 2025 года предусмотрено исследований новой энергонасыщенной техники для производства продовольствия [5]. Особая роль в этом процессе отводится самоходным штанговым опрыскивателям. Они должны обеспечивать максимальную эффективность на обработке сельскохозяйственных культур при минимальных трудовых, энергетических и материальных затратах, и минимуме отрицательного воздействия на окружающую среду, в том числе на растения и почву. Одним из основных направлений в развитии и совершенствовании опрыскивателей является увеличение мощности двигателей [2] и повышения качества и точности внесения [7, 8]. По данным исследований [1, 2] при увеличении мощности двигателей энергонасыщенных мобильных систем, возрастает их масса.

Необходимо учитывать тот факт, что развитие технического прогресса внесло существенные коррективы в конструкцию и параметры самоходных опрыскивателей. Существующее в мире большое количество отечественных и зарубежных моделей самоходных штанговых опрыскивателей составляют генеральную совокупность, сбор информации по всем объектам которой представляет сложную проблему. Численные значения





технических показателей опрыскивателей являются случайными величинами, то есть величинами, которые могут принять различные значения с определенными вероятностями. Это связано с различиями в технических характеристиках и подходах в области разработки и создания самоходных опрыскивателей, а также с технологиями и условиями проведения производственных процессов. Для описания общего характера изменения технических параметров опрыскивателей, и исключения частных отклонений, связанных с неточностями сбора информации, необходимо подобрать и определить теоретический закон распределения, наиболее точно описывающий это изменение. С этой целью для показателей технических характеристик сформированы случайные выборки. При этом приняты допущения, что каждая выборка репрезентативна (однородна), то есть она соответствует совокупности, из которой ее выбрали. На основе выборочных значений параметров технических характеристик опрыскивателей мы можем построить неизвестную функцию распределения и определить ее характеристики.

Методика исследований. Были исследованы данные из технических характеристик 261-й модели самоходных штанговых опрыскивателей отечественных и зарубежных компаний-производителей (табл. 1). Исследованию подлежали такие технические параметры опрыскивателей как установленная мощность (P , кВт) двигателей и масса (m , т) [3].

Таблица 1

Основные компании-производители самоходных опрыскивателей

Компания	Количество моделей
«Ростсельмаш»	1
ООО «Пегас-Агро»	5
«Казаньсельмаш»	7
«Amazon»	38
«John Deere»	21
«Challenger»	17
«Fendt»	45
«Bargam»	99
Berthoud	15
Hardi	9
Kverneland	3
Horsch	1

Для объективной оценки достижений мирового опыта при разработке и совершенствовании штанговых опрыскивателей с целью последующего прогнозирования путей повышения их эффективности, полученные данные обработаны методами математической статистики (табл. 2). Они предусматривают замену опытных закономерностей аналитическими, что является процессом выравнивания информации. В нашем случае мы применили закон нормального распределения (Гаусса). Он характеризуется дифференциальными $f'(x)$ и интегральной $F(x)$ функциями. В результате распределения значений мощности установленных двигателей и массы самоходных опрыскивателей имеют нормальный закон, описываются уравнением (1) [2], и отличаются математическим ожиданием $\bar{x}_i$ и среднеквадратичным отклонением, которые определены и приведены в табл. 2.

$$f'(x) = \frac{n_x}{(\sigma_x \sqrt{2\pi})} \exp \left[-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2} \right]. \quad (1)$$

Таблица 2

Статистики мощности установленных двигателей и массы самоходных штанговых опрыскивателей

Показатель	Число наблюдений n_x , шт.	Математическое ожидание $\bar{x}_j$	Среднеквадратичное отклонение σ_x	Доверительный интервал среднего значения при уровне значимости $\alpha = 0,95$	Коэффициент вариации V , %
P , кВт	261	140,35	42,47	135,2 ... 145,5 (рис. 1 – 1)	30,4
m , т	239	9,02	3,17	8,62 ... 9,42 (рис. 2 – 1)	35,1



Сравнение эмпирического и теоретического законов распределения мощности установленных двигателей и массы самоходных опрыскивателей (рис. 1, 2) выполнено с помощью критерия Пирсона [6].

У ряда распределения мощности установленных двигателей самоходных штанговых опрыскивателей коэффициент вариации составляет 30,4 %, что свидетельствует о близости распределения к нормальному. Для 95 % рассмотренных моделей самоходных опрыскивателей величина мощности двигателей составляет 55,1... 225,3 кВт (рис. 1, 2). Изменяется она примерно в 4,1 раза, что свидетельствует о наличии множества различных факторов, существенно влияющих на конструктивные особенности самоходных опрыскивателей. В том числе это может быть связано и с запросами потребителей. Теоретические и эмпирические законы ряда распределения массы самоходных штанговых опрыскивателей представлены на рис. 2. Исследуемый показатель имеет коэффициент вариации 35,1 %. При доверительной вероятности 0,95 вычислено, что масса штанговых опрыскивателей составляет 2,69...15,35 т (рис. 2 – 2). То есть она изменяется в 5,7 раза, что может быть связано с различными природно-климатическими условиями, в которых эксплуатируется техника в Российской Федерации и за рубежом.

Для качественной и количественной оценки технико-экономических показателей, определяющих технический уровень самоходных опрыскивателей и их конкурентоспособность, обработкой случайных величин статистической выборки, установлена функциональная зависимость между такими важными техническими параметрами, как мощность двигателя и масса штанговых опрыскивателей (рис. 3).

Результаты исследований. При рассмотрении взаимодействия названных параметров получено существенное значение коэффициента парной корреляции $r_{Pm} = 0,871$. Наилучшим образом аппроксимирует полученные точки интерполирующая функция типа:

$$y = ax + b. \quad (2)$$

Обработка данных методом наименьших квадратов позволила получить статистически значимое уравнение связи:

$$P = 11,312m + 39,332. \quad (3)$$

Оно адекватно отражает закономерность сложившейся практики в отечественном и зарубежном производстве самоходных штанговых опрыскивателей. Анализ показывает, что характер зависимостей прямолинейный. Это подтверждает, что для самоходных опрыскивателей отсутствие резких изменений по одному из технических параметров. Так, увеличение массы опрыскивателей вызывает необходимость установки двигателей повышенной мощно-

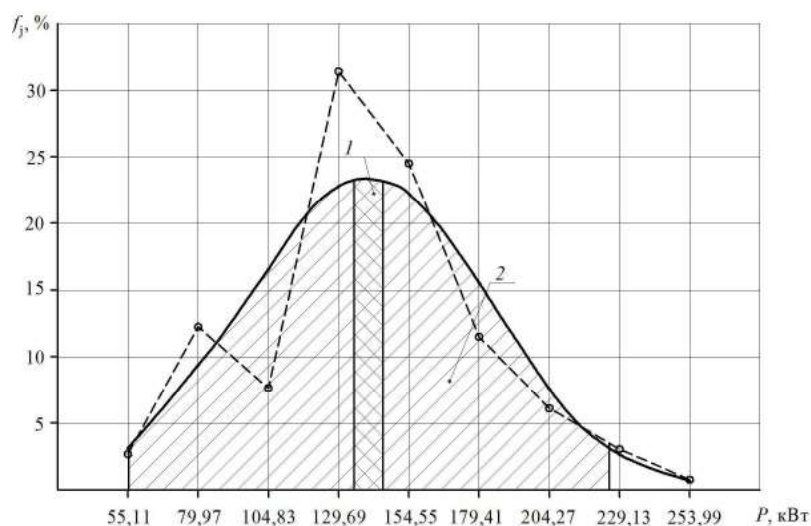


Рис. 1. Распределение мощности установленных двигателей самоходных опрыскивателей:
----- теоретическое; -- ○ -- эмпирическое

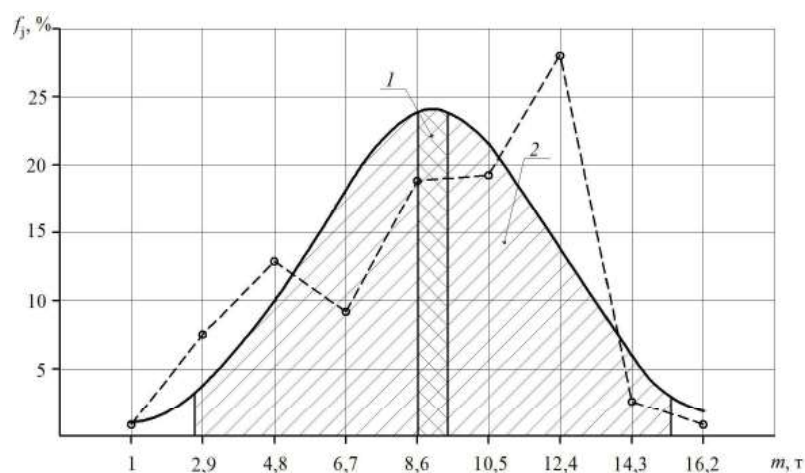


Рис. 2. Распределение массы самоходных штанговых опрыскивателей:
----- теоретическое; -- ○ -- эмпирическое

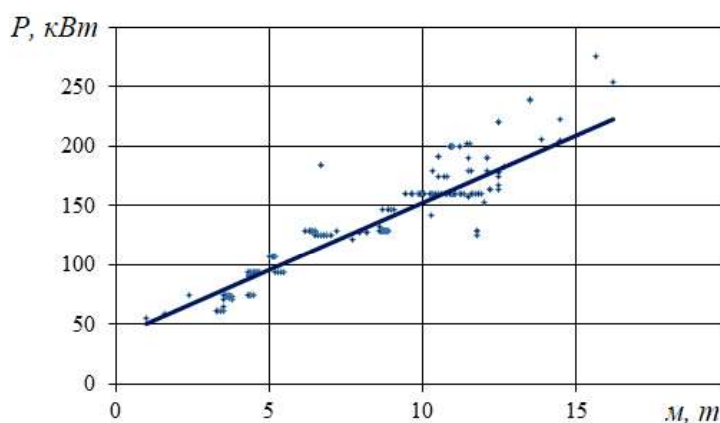


Рис. 3. Поле корреляции и зависимость мощности установленных двигателей от массы самоходных штанговых опрыскивателей



сти, что не противоречит и физическому смыслу. Результаты подтверждают данные исследований [1, 4, 9] по другим мобильным энергетическим системам.

Заключение. Исследования технических параметров самоходных штанговых опрыскивателей основных отечественных и зарубежных компаний-производителей сельскохозяйственной техники позволили оценить сложившийся технический уровень самоходных опрыскивателей. Определены теоретические законы распределения мощности установленных двигателей и массы самоходных опрыскивателей.

Получены результаты исследований по выявлению качественной и количественной взаимосвязи между мощностью установленных двигателей и массой опрыскивателей. Результаты выполненных исследований являются исходными предпосылками для выполнения многофакторного моделирования технико-экономических показателей самоходных штанговых опрыскивателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демин Е.Е., Старцев А.С., Серебряков А.А. Энергонасыщенность и материалоемкость зерноуборочных комбайнов // Техника будущего: перспективы развития сельскохозяйственной техники: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2013. С. 24–27.
2. Результаты аналитических исследований технических параметров зерноуборочных комбайнов / Е.Е. Демин [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 9. С. 56–60.
3. Аналитические исследования технических параметров самодвижущихся опрыскивателей / Е.Е. Демин [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 112–114.
4. Дубинин В.Ф., Демин Е.Е. Повышение технического уровня фронтальных ковшовых погрузчиков // Транспортное обслуживание агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. М., 1989. Т. 121. С. 138–144.
5. Концепция развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года: одобрено Общим годичным собранием Россельхозакадемии 13 февраля 2007 года и утверждено приказом Минсельхоза России 25 июня 2007 г. № 342 / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ; Российская академия сельскохозяйственных наук. М. : Россинформагротех, 2007. 45 с.
6. Литтл Т. М., Хиллз Ф.Д. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / пер.с англ. Б.Ф. Кирюшина. М., 1981. 320 с.
7. Мирзаев М.А., Славкина В.Э. Исследование качества работы системы опрыскивания при методе дифференциального внесения // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. № 2(47). С. 97–104.
8. Мирзаев, М.А. Разработка алгоритма роботизированного устройства точного внесения средств защиты растений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 3. С. 74–80.
9. Старцев А.С., Серебряков А.А., Иванов С.А. Зависимости мощности двигателя, массы и объема бункера зерноуборочных комбайнов // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: материалы Междунар. научн.-практ. конф. Саратов, 2013. С. 282–284.

REFERENCES

1. Demin E.E., Startsev A.S., Serebryakov A.A. Energy saturation and material consumption of combine harvesters. *Technology of the future: prospects for the development of agricultural machinery*. Krasnodar, 2013: 24–27.
2. Results of analytical studies of technical parameters of combine harvesters / E.E. Demin et al. *The Agrarian Scientific Journal*. 2018; 9: 56–60.
3. Analytical studies of technical parameters of self-propelled sprayers / E.E. Demin et al. *The Agrarian Scientific Journal*. 2021; 12: 112–114.
4. Dubinin V.F., Demin E.E. Raising the technical level of front bucket loaders. *Transport service of the agro-industrial complex*. Moscow, 1989; 121: 138–144.
5. The concept of development of agrarian science and scientific support of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2025: approved by the General Annual Meeting of the Russian Agricultural Academy on February 13, 2007 and approved by Order No. 342 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on June 25, 2007 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation ; Russian Academy of Agricultural Sciences. Moscow, 2007. 45 p.
6. Little T.M., Hills F.D. Agricultural experimental business. Planning and analysis / translated from the English by B.F. Kiryushin. Moscow, 1981. 320 p.
7. Mirzaev M.A., Slavkina V.E. Investigation of the quality of the spraying system with the method of differential application. *Electrotechnologies and electrical equipment in the agro-industrial complex*. 2022; 69; 2(47): 97–104.
8. Mirzaev M.A. Development of an algorithm for a robotic device for precise application plant protection products. *Agricultural machines and technologies*. 2022; 16; 3: 74–80.
9. Startsev A.S., Serebryakov A.A., Ivanov S.A. Dependences of engine power, weight and volume of the hopper of combine harvesters. *Problems and prospects of innovative development of world agriculture*. Saratov, 2013: 282–284.

Статья поступила в редакцию 14.08.2022; одобрена после рецензирования 15.09.2022; принята к публикации 25.09.2022.
The article was submitted 14.08.2022; approved after reviewing 15.09.2022; accepted for publication 25.09.2022.