

*А.Ю. РЕБРОВ*, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»;  
*В.В. КУЧКОВ*, магистр, НТУ «ХПИ»

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРАХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ**

Наведений аналіз статистичних даних про сучасні сільськогосподарські трактори світових виробників і визначені закони розподілу енергонасиченості і потужності модельного ряду тракторів. Виявлена відповідність розподілу тракторів за потужністю двигуна розподілу обсягів продажу за кількістю проданих одиниць і у грошовому еквіваленті.

The above analysis of statistical data on current agricultural tractors world producers and the law of distribution and power enerhonasychenosti range tractors. The conformity of the distribution of tractors by power engine sales distribution by number of units sold and the cash equivalent.

**Введение.** Концепция развития трактора, как основного источника энергии, необходимой для выполнения сельскохозяйственных технологических операций, постоянно трансформируется. Развитие мирового тракторостроения очень динамично, особенно в последнее десятилетие. Это связано с непрерывным повышением технического уровня трактора, который определяется комплексом оценочных показателей и характеристик.

В связи с этим представляют интерес статистические данные об основных показателях трактора, заложенных мировыми производителями в конструкцию, а также о номенклатуре тракторов.

Поэтому задача анализа статистических данных о современных сельскохозяйственных тракторах мировых производителей, с последующим их использованием при обосновании показателей вновь создаваемых конструкций, представляется актуальной.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Современные всемирно известные марки фирм-производителей тракторной техники в основном являются представителями ведущих транснациональных корпораций [1]. Среди них корпорация AGCO Corporation, в состав которой входят известные производители тракторов: Challenger (United Kingdom, Великобритания) [2], Valtra (Finland, Финляндия) [3], Massey Ferguson (France, Франция), Fendt (Germany, Германия), White (USA, США) [2]. В состав корпорации CNH входят тракторные фирмы: Case IH (United Kingdom, Великобритания), New Holland (United Kingdom, Великобритания), Steyr (Austria, Австрия) [2]. Одно из лидирующих мест по объемам продаж тракторов занимает всемирно известная корпорация John Deere (USA, США) [2]. В Европе наряду с указанными производителями, практически без отставания по объемам продаж позиционируется корпорация Same-Deutz-Fahr [4], в состав которой

входят: Same (Italy, Италия) [5], Deutz-Fahr (Germany, Германия), Lamborghini (Italy, Италия) [6], Hurlimann (Switzerland, Швейцария) [7]. В состав корпорации ARGO входят производители тракторов, [8]: McCormick (United Kingdom, Великобритания) [9], Landini (Italy, Италия). На североамериканском континенте также хорошо зарекомендовали себя тракторы Buhler Versatile (Canada, Канада) [10], а в Европе Claas (Germany, Германия) [11].

Определенный интерес представляет опыт мирового тракторостроения в разрезе получения данных о марочном составе выпускаемых тракторов, их энергонасыщенности, предусмотренном уровне балластирования, объеме продаж и др.

**Цель и постановка задачи.** Целью данного исследования является анализ статистических данных о современных сельскохозяйственных тракторах мировых производителей, статистическое обобщение мирового опыта тракторостроения, выявление закономерностей распределения основных технических характеристик тракторов.

**Статистические данные о современных сельскохозяйственных тракторах мировых производителей.** Для анализа были выбраны тракторы мировых производителей в диапазоне мощностей двигателей от 26 кВт до 430 кВт – всего более 700 моделей, которые в течение последних трех лет предлагались на мировом рынке и проходили непосредственные испытания на полигоне тракторной лаборатории в Небраске (Nebraska Tractor Test Laboratory, USA [1]). По количеству моделей получена следующая выборка (шт): Challenger – 68, Valtra – 20, Massey Ferguson – 72, Fendt – 13, White – 10, Case IH – 87, New Holland – 51, Steyr – 26, John Deere – 121, Same – 23, Deutz-Fahr – 18, Lamborghini – 52, Hurlimann – 16, McCormick – 71, Landini – 45, Buhler Versatile – 5, Claas – 31.

Анализ показал, что энергонасыщенность тракторов подчиняется нормальному закону распределения с плотностью вероятности:

$$f(\dot{Y}) = \frac{1}{\sigma_{\dot{Y}} \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left( - \frac{(M_{\dot{Y}} - \dot{Y})^2}{2 \cdot \sigma_{\dot{Y}}^2} \right), \quad (1)$$

где  $\dot{Y}$  – энергонасыщенность трактора, кВт/кН;

$M_{\dot{Y}}$  – математическое ожидание энергонасыщенности;

$\sigma_{\dot{Y}}$  – среднеквадратическое отклонение энергонасыщенности.

Закон распределения вероятности для энергонасыщенности:

$$S(\mathcal{E}) = \int_0^{\mathcal{E}} f(\mathcal{E}) d\mathcal{E}. \quad (2)$$

Достоверность соответствия статистических данных выбранному закону распределения:

$$R^2 = \frac{\sum (S(\mathcal{E}_c) - M(\mathcal{E}_c))^2}{\sum (S_c(\mathcal{E}_c) - M(\mathcal{E}_c))^2}, \quad (3)$$

где  $N$  – объем выборки;

$\mathcal{E}_c$  – вектор статистических данных об энергонасыщенности тракторов;

$S(\mathcal{E}_c)$  – нормальный закон распределения случайной величины  $\mathcal{E}_c$ ;

$M(\mathcal{E}_c)$  – математическое ожидание вектора статистических данных об энергонасыщенности тракторов;

$S_c(\mathcal{E}_c)$  – действительный закон распределения случайной величины  $\mathcal{E}_c$ .

Статистические данные по энергонасыщенности выборки тракторов подчиняются нормальному закону распределения ( $M_s = 1,695$  кВт/кН,  $\sigma_s = 0,341$  кВт/кН) с достоверностью 0,943 (рис. 1).

Анализ спектра выпускаемых тракторов по мощности установленных двигателей показал, что распределение по мощности марок тракторов подчиняется логарифмически нормальному закону распределения с плотностью вероятности:

$$f(N_e) = \frac{1}{\sigma_u \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(\ln(N_e) - M_u)^2}{2 \cdot \sigma_u^2}\right), \quad (4)$$

где  $N_e$  – вектор мощности тракторов;

$M_u$  – математическое ожидание мощности тракторных двигателей в соответствии с логарифмическим законом распределения;

$\sigma_u$  – среднеквадратическое отклонение мощности тракторных двигателей в соответствии с логарифмическим законом распределения.

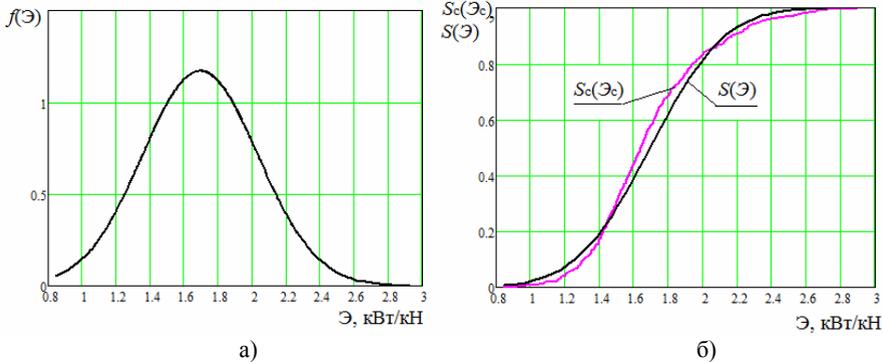
Величина  $M_u$  определяется выражением:

$$M_u = \ln(M) - \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{\sigma^2}{M^2} + 1\right), \quad (5)$$

где  $M$  – математическое ожидание мощности тракторного двигателя;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение мощности тракторного двигателя. Величина  $\sigma_u$  определяется выражением:

$$\sigma_u = \sqrt{\ln\left(\frac{\sigma^2}{M^2} + 1\right)}. \quad (6)$$



а – распределение плотности вероятности энергонасыщенности, б – закон распределения энергонасыщенности по данным выборки  $S_c(\Delta_c)$  и в соответствии с нормальным законом распределения  $S(\Delta)$ .

Рисунок 1 – Распределение энергонасыщенности выборки тракторов зарубежного производства:

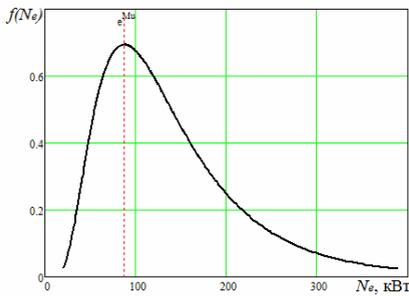
Закон распределения вероятности для мощности по выборке тракторов для логарифмически нормального закона распределения:

$$S(N_{ln}) = \int_0^{N_{ln}} f(N_{ln}) dN_{ln}, \quad (7)$$

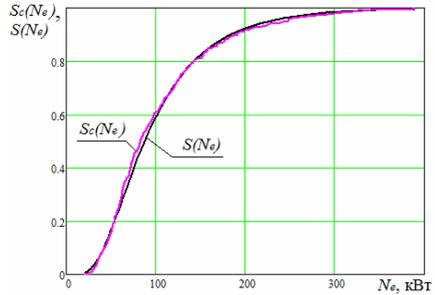
где  $N_{ln}$  – вектор случайной величины, распределение которой подчиняется нормальному закону распределения:

$$N_{ln} = \ln(N_e). \quad (8)$$

Статистические данные по распределению мощности выборки тракторов подчиняются логарифмически нормальному закону распределения ( $M_u = 4,474$  кВт,  $\sigma_u = 0,575$  кВт,  $M = 103,5$  кВт,  $\sigma = 64,8$  кВт) с достоверностью 0,981 (определяется аналогично (3)) (рис. 2).



а)



б)

а – распределение плотности вероятности мощности, б – закон распределения мощности по данным выборки  $S_c(N_e)$  и в соответствии с логарифмически нормальным законом распределения  $S(N_e)$ .

Рисунок 2 – Распределение по мощности выборки тракторов зарубежного производства

В соответствии с логарифмически нормальным законом распределения плотности вероятности, наиболее часто производители выпускают трактора с мощностью двигателя  $e^{Mu} = 87,7$  кВт (рис. 2.а).

Суммарная площадь под кривой плотности вероятности определяется выражением:

$$S_{\Sigma} = \int_0^{\infty} f(N_e) dN_e \quad (9)$$

Доля выпускаемых тракторов в интервале мощности ( $N_{ei} \min \dots N_{ei} \max$ ):

$$S_{Ni} = \frac{\int_{N_{ei} \min}^{N_{ei} \max} f(N_e) dN_e}{S_{\Sigma}} \quad (10)$$

При этом соблюдается условие:  $\sum_i S_{Ni} = 1$ .

Таким образом, анализ показал, что распределение выпускаемых мировыми производителями тракторов по интервалам мощности устанавливаемых двигателей (см. табл. 1.) неравномерно, причем в интервале мощности 55...140 кВт выпускается половина всех тракторов.

Таблица 1 – Распределение тракторов по интервалам мощности двигателя

Интервал мощности тракторных двигателей, кВт	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-400	более 400
Доля тракторов в интервале мощности, %	6,0	30,4	27,6	16,5	8,9	4,7	4,0	1,9

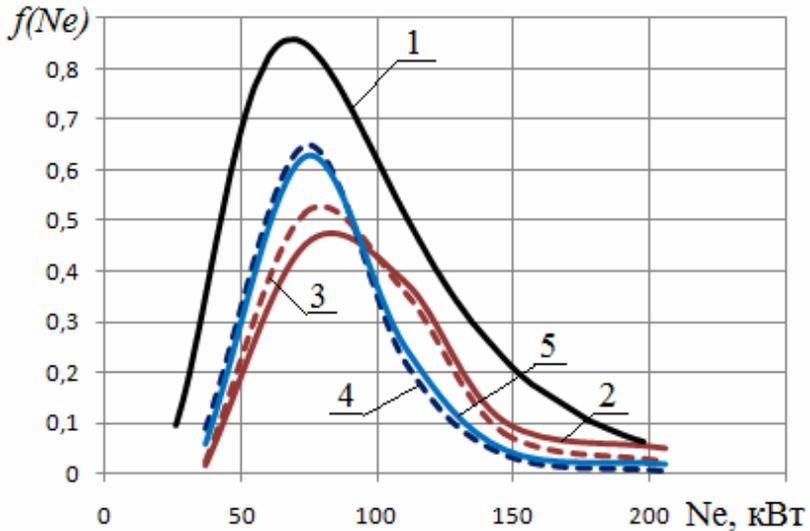
Определенный интерес представляет взаимосвязь распределения выпускаемых тракторов по мощности двигателя с их объемом продаж. В соответствии с данными [12] о распределении чистого объема продаж по диапазонам мощности выпускаемых тракторов корпорации Same-Deutz-Fahr за 2007-2008 гг., основная доля продаж приходится на тракторы 50...100 л.с. (табл. 2).

Таблица 2 – Распределение объема продаж тракторов корпорации Same-Deutz-Fahr за 2007-2008 гг. по интервалам мощности двигателя

Интервал мощности тракторных двигателей, л.с.	менее 50	50-100	100-150	150-200	более 200
2007 г.					
Объем продаж, млн. евро	20	458	319	72	20
Объем продаж, тыс.ед.	2,9	20,9	7,1	1,2	0,2
2008 г.					
Объем продаж, млн. евро	16	450	376	101	50
Объем продаж, тыс.ед.	1,9	20,4	8,1	1,5	0,6

Совмещение подтвержденного логарифмически нормального закона распределения для мощностного ряда тракторов, в том числе и отдельно для тракторов корпорации Same-Deutz-Fahr (включая доли выпуска по брендам: Same - 35%, Deutz-Fahr – 44%, Lamborghini – 18%, Hurlimann - 3%) с нормированным распределением объема продаж в денежном эквиваленте и по количеству проданных единиц для этой корпорации позволяет выявить корреляцию в распределении указанных величин (рис. 3). Нормирование распределения объема продаж в денежном эквиваленте и по количеству проданных единиц производилось следующим образом:

$$f_{ni}(N_e) = \frac{D_i}{S_{\Sigma i}} \quad (10)$$



1 – логарифмический закон распределения выпускаемых тракторов по мощности двигателя; 2,3 – нормированное распределение объема продаж по количеству проданных единиц за 2007 г. и 2008 г. соответственно; 4,5 – нормированное распределение объема продаж в денежном эквиваленте за 2007 г. и 2008 г. соответственно.

Рисунок 3 – Распределение объема продаж тракторов корпорации Same-Deutz-Fahr за 2007-2008 гг. по интервалам мощности двигателя

Приведенные данные свидетельствуют о качественном соответствии кривых логарифмически нормального закона распределения тракторов по мощности с распределением объема продаж в денежном эквиваленте, что характеризует прибыльность соответствующего сегмента рынка тракторов.

### Выводы.

1. Зарубежные тракторные корпорации и компании выпускают трактора, энергонасыщенность которых в соответствии с предложенной выборкой тракторов подчиняется нормальному закону распределения с достоверностью 0,943, математическим ожиданием  $M_0 = 1,695$  кВт/кН,

среднеквадратическим отклонением  $\sigma_s = 0,341$  кВт/кН.

2. Распределение мощности выборки тракторов зарубежных производителей подчиняется логарифмически нормальному закону распределения с достоверностью 0,981, математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением  $M_u = 4,474$  кВт,  $\sigma_u = 0,575$  кВт,  $M = 103,5$  кВт,  $\sigma = 64,8$  кВт.

3. Наиболее вероятная мощность устанавливаемых на зарубежные трактора двигателей  $e^{Mu} = 87,7$  кВт, причем в сегменте мощности 50...100 кВт производится более 30% тракторов.

4. Качественное соответствие логарифмически нормального закона распределения тракторов по мощности с распределением объема продаж в денежном эквиваленте дает предпосылки для утверждения о взаимосвязи количества марок выпускаемых тракторов в сегментах мощности двигателя с реализуемым объемом продаж в этих сегментах.

5. Наиболее продаваемыми (в частности для корпорации Same-Deutz-Fahr за 2007-2008 гг.) являются трактора в сегменте мощности, примыкающем к значению  $e^{Mu}$ .

**Список литературы:** 1. Долгов И.А. Тенденции развития конструкций моторно-трансмиссионных установок и сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 6. – С. 3–9. 2. <http://tractortestlab.unl.edu>  
3. [www.valtra.com](http://www.valtra.com). 4. [www.samedeutz-fahr.com](http://www.samedeutz-fahr.com). 5. [www.same-tractors.com](http://www.same-tractors.com).  
6. [www.lamborghini-tractors.com](http://www.lamborghini-tractors.com). 7. [www.hurlimann.com](http://www.hurlimann.com). 8. [www.argottractors.com](http://www.argottractors.com).  
9. [www.mccormick-intl.com](http://www.mccormick-intl.com). 10. [www.versatile-ag.com](http://www.versatile-ag.com). 11. [www.claas.com](http://www.claas.com). 12. Нефёдов А. Состояние мировых рынков сельскохозяйственных тракторов // журнал «Основные средства» – 2010. – №4.

*Поступила в редколлегию 02.05.2011*