

УДК 62-5:631.348

ПОКАЗАТЕЛЬ «ЗНАЧИМОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ» КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУКОЕМКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Быков С.Н.*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт»,
Кемерово, e-mail: alex1by@mail.ru*

Работа посвящена решению актуальной проблемы оценки конкурентоспособности наукоемкой машиностроительной продукции на базе автоматизированной системы поддержки принятия решений. Целью исследований является разработка экспертного показателя, позволяющего осуществлять количественную оценку уровня использованных в продукции информационных технологий и устройств. Предложенный показатель «значимость информационной технологии» позволяет оценивать конкурентоспособность продукции по следующим критериям: степень влияния использованной в продукции информационной технологии на рынок данной продукции, соответствие использованных в продукции информационных технологий современному уровню их развития, уровень интенсивности информационного обмена с внешней средой, степень влияния использованной информационной технологии на технические характеристики продукции, уровень автоматизации информационных потоков в данной продукции, оперативность прямой и обратной связи между системой управления и функциональными узлами продукции. Проведена экспертная оценка конкурентоспособности используемых в Сибирском регионе самоходных опрыскивателей по разработанному показателю. Результаты экспертного опроса обработаны с помощью программного обеспечения автоматизированной системы поддержки решений о конкурентоспособности. Выявлены лидеры рынка исследуемой продукции. На базе автоматизированной системы проведен корреляционно-регрессионный анализ показателя «значимость информационной технологии». Выявлена высокая корреляционная связь предлагаемого показателя с комплексным показателем технических характеристик, мощностью двигателя и максимальной рабочей скоростью машин. Направлениями дальнейших исследований являются разработка дополнительных показателей конкурентоспособности продукции и совершенствование программного обеспечения используемой автоматизированной системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: информационная технология, экспертный показатель, система поддержки принятия решений, оценка конкурентоспособности, наукоемкая машиностроительная продукция, самоходный опрыскиватель

INDICATOR «IMPORTANCE OF INFORMATION TECHNOLOGY» OF COMPETITIVENESS OF HIGH-TECH ENGINEERING PRODUCTS

Bykov S.N.*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Kemerovo State Agricultural Institute», Kemerovo, e-mail: alex1by@mail.ru*

The work is devoted to solving the actual problem of assessing the competitiveness of high-tech engineering products based on an automated decision support system. The aim of the research is to develop an expert indicator that allows for a quantitative assessment of the level of information technologies and devices used in products. The proposed indicator «importance of information technology» allows us to evaluate the competitiveness of products by the following criteria: the degree of influence of the information technology used in products on the market of these products, compliance with the information technologies used to the modern level of their development, level of intensity of information exchange with the external environment, degree of influence of the used information technologies for product characteristics, level of information automation flows in these products, the efficiency of direct and feedback between the control system and the functional units of the product. An expert assessment of the competitiveness of self-propelled sprayers used in the Siberian region according to the developed indicator was carried out. The results of the expert survey were processed using the software of an automated decision support system for competitiveness. Identified the market leaders of the investigated products. On the basis of an automated system, a correlation-regression analysis of the «importance of information technology» indicator was conducted. A high correlation was found between the proposed indicator and a complex indicator of technical characteristics, engine power and the maximum operating speed of the machines. The directions of further research are the development of additional indicators of product competitiveness and the improvement of the software of the used automated decision support system.

Keywords: information technology, expert indicator, decision support system, competitiveness assessment, high-tech engineering products, self-propelled sprayer

Производство конкурентоспособной наукоемкой машиностроительной продукции (НМП) считается основным направлением в деятельности промышленных предприятий и важной государственной задачей.

Субъектами принятия решений о разработке, производстве, приобретении, ин-

вестировании продукции являются производители, потребители, частные инвесторы и государство. Для снижения трудоемкости и повышения точности обработки данных, удобства хранения и предоставления результатов исследований, повышения качества принимаемых решений широко ис-

пользуются различные системы поддержки принятия решений, например при управлении ресурсами [1].

Важным критерием при принятии решений является уровень конкурентоспособности продукции, количественно оцениваемый через комплекс адекватных показателей, увеличение общего количества которых всегда актуально [2]. Прогноз значений показателей конкурентоспособности НМП на ранних этапах жизненного цикла [3] также позволяет принимать более обоснованные решения. Для такой оценки обычно используются экспертные показатели, значения которых можно получить по результатам опроса соответствующих специалистов. Отдельные машиностроительные предприятия Кемеровской области используют в своей деятельности автоматизированные системы поддержки принятия решений, в которых применяются экспертные показатели, учитывающие инновационный уровень использованных в продукции технических решений [4] и степень влияния использованных инноваций на экономические системы микро- и макроуровня [5].

В связи с широким внедрением средств информационной и вычислительной техники в машиностроительной продукции актуальной задачей является разработка показателей, отражающих данный аспект.

Цель исследования: разработка экспертного показателя, позволяющего осуществлять количественную оценку уровня использованных в продукции информационных технологий и устройств.

Материалы и методы исследования

В соответствии с целью исследований нами разработан новый экспертный показатель «значимость информационной технологии» ($Z_{ит}$). Данный показатель является количественной характеристикой НМП по критерию соответствия реализованных в ней информационных технологий и устройств современному уровню их развития. Показатель определяется аддитивно-мультипликативным методом по формуле

$$Z_{ит} = V_p C_{и} I_{в} + V_{и} A_{п} C_{п} + \sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n K_{итij},$$

где V_p – коэффициент влияния использованной в продукции информационной технологии на рынок данной продукции;

$C_{и}$ – коэффициент соответствия использованных в продукции информационных технологий современному уровню их развития;

$I_{в}$ – коэффициент интенсивности информационного обмена с внешней средой;

$V_{и}$ – коэффициент влияния использованной информационной технологии на технические характеристики продукции;

$A_{п}$ – коэффициент автоматизации информационных потоков в данной продукции;

$C_{п}$ – коэффициент оперативности прямой и обратной связи между системой управления и функциональными узлами продукции;

n – количество критериев в мультипликативной группе;

m – количество мультипликативных групп;

$K_{ит}$ – дополнительные критерии – коэффициенты показателя $Z_{ит}$, используемые в расчете на конкретных этапах жизненного цикла продукции.

Значения коэффициентов показателя $Z_{ит}$ первого уровня выбираются из табл. 1–6.

Следующей поставленной задачей являлся выбор объектов оценки конкурентоспособности по разработанному показателю. Современные информационные технологии и устройства являются основой для «точного земледелия», которое представляет собой комплексную высокотехнологичную систему сельскохозяйственного менеджмента, включающую в себя технологии глобального позиционирования (GPS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), географические информационные системы (GIS) и ряд других систем, направленную на увеличение объемов производства качественной сельскохозяйственной продукции при соблюдении экологических норм [6].

Соответствующее оборудование устанавливается на различные сельскохозяйственные машины. Объектами исследования были выбраны самоходные опрыскиватели для химической обработки посевов. Для данных машин характерна установка информационных систем с использованием датчиков, измеряющих состояние растений по оптическим, оптоэлектрическим, электромагнитным, электрическим, лазерным и другим показателям. Наиболее распространены оптоэлектронные датчики на основе спектрального анализа для выявления разницы в отражении солнечного света культурными растениями и сорняками, что оптимизирует расход химического препарата. Применяются также лазерные датчики для определения расстояния до края стеблестоя и оценки рельефа поля, что оптимизирует траекторию движения и скорость машины.

Сигналы от датчиков, обычно установленных на крыше опрыскивателя, в режиме реального времени после их обработки бортовым компьютером передаются на исполнительные механизмы (гидронасос, штангу, рулевую колонку, двигатель). Возможно управление машиной по двухэтапному режиму, когда данные о состоянии конкретного участка поля собираются заранее, обрабатываются внешним компьютером и загружаются в систему по беспроводным каналам или с внешних мобильных носителей информации.

Для самоходных опрыскивателей наиболее распространены датчики моделей YARA-N (фирма AgriCon), Crop Circle Sensor (фирма Holland Scientific), MiniVeg-N (фирма Georg Fritzmeier GmbH).

Полный комплекс оборудования для самоходных опрыскивателей, реализующий возможности современных информационных технологий и технических устройств, включает датчики, системы параллельного вождения, терминалы, адаптированные приводы рабочих органов, базы данных и системы их обработки, картографические системы и т.д.

К наиболее известным относятся комплексы фирм Claas, John Deere, Amazone.

Основными элементами комплекса «Efficient Agriculture Systems» фирмы Claas являются:

- терминалы Cebis и ISOBUS;
- система оптимизации скорости Cruise Pilot;

- система оптимизации режимов обработки растений Cemos;
- система оптимизации траектории GPS Pilot и Laser Pilot;
- система анализа рельефа поля Cam Pilot;
- система оценки состояния машины через интернет Telematics;
- система картографирования Agrosom Map.

Основными элементами комплекса фирмы John Deere являются:

- система автоматического вождения AutoTrac Universal с дисплеем GreenStar 1800;
- система документирования и обработки данных с дисплеем GreenStar 2630;
- светодиодная навигационная панель GreenStar Lightbar;
- система дистанционного контроля местоположения машины JDLink Select;

- система оптимизации расхода топлива JDLink Ultimate.

Основными элементами комплекса «IT-Farming» фирмы Amazone являются:

- система управления опрыскиванием Amaspray+;
- система автоматического документирования данных ASD;
- универсальная платформа управления ISOBUS с терминалом Amatron-3;
- адаптированный терминал CCI-100 для установки на машины разных производителей в рамках договора Competence Center ISOBUS;
- высокопроизводительный терминал Amapad для работы с будущими интеллектуальными приложениями и опцией контроля за работой нескольких машин одновременно;
- модульные навигационные системы GPS-Switch и GPS-Maps.

Таблица 1

Коэффициент влияния использованной в продукции информационной технологии на рынок данной продукции

Масштаб влияния технологии на рынки	B_p
Технология формирует тенденции развития мирового рынка данной продукции	12
Технология влияет на весь мировой рынок данной продукции	8
Технология существенно влияет на рынки нескольких развитых стран	5
Технология существенно влияет на рынок одной развитой страны	3
Технология незначительно влияет на рынок одной развитой страны	2
Технология незначительно влияет на локальный рынок	1
Технология не влияет на рынки продукции	0,5

Таблица 2

Коэффициент соответствия использованных в продукции информационных технологий современному уровню их развития

Соответствие технологии современному уровню	$C_{и}$
Технология существенно опережает современный уровень информационных технологий	8
Технология является новым перспективным направлением в развитии информационных технологий	5
Технология незначительно опережает современный уровень развития информационных технологий	3
Технология соответствует современному уровню развития информационных технологий	2
Технология незначительно отстает от современного уровня развития информационных технологий	1
Технология существенно отстает от современного уровня развития информационных технологий	0,5

Таблица 3

Коэффициент интенсивности информационного обмена с внешней средой

Интенсивность обмена информацией	$I_{в}$
Постоянный интенсивный информационный обмен осуществляется беспроводным способом через интернет, с помощью GPRS и т.д.	10
Регулярный информационный обмен с помощью Wi-Fi	8
Регулярный информационный обмен по проводам	6
Периодический информационный обмен через флеш-карты и другие мобильные носители информации	4
Есть клавиатура для ввода информации. Выходных каналов нет	2
Нет каналов общения с внешней средой	1

Таблица 4

Коэффициент влияния использованной информационной технологии на технические характеристики продукции

Степень влияния технологии на характеристики	$B_{и}$
Технология является основой для функционирования продукции	6
Технология существенно повышает технические характеристики продукции	4
Технология незначительно повышает технические характеристики продукции	2
Технология не влияет на технические характеристики продукции	1
Технология снижает технические характеристики продукции	0,5

Таблица 5

Коэффициент автоматизации информационных потоков в данной продукции

Уровень автоматизации информационных потоков	$A_{п}$
Наличие автоматизированной системы управления, запоминающих устройств, разветвленной сети информационных каналов и т.д. при минимальном участии человека	10
Большинство функций продукции выполняется автоматически при периодическом участии человека	5
Часть функций выполняется автоматически при регулярном участии человека	2
Отсутствие средств автоматизации при минимуме информационных потоков и постоянном участии человека	1
Отсутствие информационных потоков и обязательное участие человека	0,5

Таблица 6

Коэффициент оперативности прямой и обратной связи между системой управления и функциональными узлами продукции

Оперативность связи	$C_{п}$
Постоянный скоростной обмен информацией между системой управления и функциональными узлами в автоматическом режиме	10
Регулярный обмен информацией между системой управления и функциональными узлами за счет большого количества датчиков	6
Периодический обмен информацией между функциональными узлами при наличии простой системы управления	4
Есть несколько каналов связи между функциональными узлами при отсутствии системы управления	2
Нет информационного обмена между функциональными узлами	1

Результаты исследования и их обсуждение

Было выполнено оценивание самоходных опрыскивателей, используемых в Сибирском федеральном округе, по разработанному показателю «значимость информационной технологии». Участниками экспертного опроса являлись специалисты предприятий сельхозмашиностроения, представители департаментов сельского хозяйства, руководители сельскохозяйственных предприятий. Для обработки данных использовалась последняя версия автоматизированной системы поддержки принятия решений [7].

Для выбранных марок машин с помощью табл. 1–6 эксперты с точностью до десятых долей балла назначали количественные оценки. Далее определялось среднее значение по каждому из 6 коэффициентов

и окончательное значение показателя $Z_{ит}$ для каждого опрыскивателя. Результаты исследований с учетом места в рейтинге, занятого машинами, приведены в табл. 7.

Первые три места в рейтинге по показателю «значимость информационной технологии» заняли опрыскиватели Claas Xerion 3800 Saddle (Германия), John Deer 4730 (США) и Amazone Pantera 4001. В группу лидеров данного рынка также вошли Challenger RG 1100 (США), Kuhn Stronger 3030 (Франция) и Case Patriot 4430 (США). Лучшим среди российских машин оказался Versatile SX-275 производства «Ростсельмаш».

Для всех машин было определено значение комплексного показателя конкурентоспособности $K_{тех}$ по множеству технических характеристик. Для этого на предварительном этапе корреляционным анализом были

отобраны технические характеристики, оказывающие наибольшее влияние на указанный показатель. Затем определены нормированные коэффициенты весомости выбранных технических характеристик. Для нахождения значений показателя использовалась модель средневзвешенного

$$K_{\text{ТЕХ}} = \sum_{i=1}^n a_i \frac{X_i}{X_{\text{СП}i}},$$

где n – количество технических характеристик;
 $i = 1 \dots n$ – номер характеристики;
 a_i – нормированный коэффициент весомости (табл. 8);

$X_{\text{СП}i}$ – среднее значение технической характеристики (табл. 8).

Значения показателя $K_{\text{ТЕХ}}$ представлены в табл. 7.

Был выполнен корреляционно-регрессионный анализ показателя $Z_{\text{ИТ}}$

Формула множественной регрессии для данного показателя имеет следующий вид

$$\begin{aligned} Z_{\text{ИТ}} = & 68,172 + 0,212L_p + 0,651W_d + \\ & + 0,335V_p + 0,193V_T + 0,186H_M + \\ & + 0,127S_M + 0,073H_d + 0,101Q_B. \end{aligned}$$

Таблица 7

Характеристики и рассчитанные значения показателей самоходных опрыскивателей

Марка машины	Производитель	V_p	W_d	$K_{\text{ТЕХ}}$	$Z_{\text{ИТ}}$
Claas Xerion 3800 Saddle	Германия	30	360	1,13	333,38
John Deer 4730	США	34	245	1,12	330,53
Amazone Pantera 4001	Германия	20	255	1,18	327,68
Challenger RG 1100	США	22	311	1,14	324,83
Kuhn Stronger 3030	Франция	20	265	1,13	313,66
Case Patriot 4430	США	23	325	1,11	301,31
Horsch Leeb PT 330	Германия	36	330	1,15	292,94
Berthoud Raptor 4240	Франция	35	210	1,02	275,88
Hagie STS 10	Германия	28	215	1,03	272,19
Houseman Air-Ride 4000	Великобритания	25	230	1,01	271,11
New Holland SP240XP	Бельгия	24	275	1,12	264,22
Matrot M24D	Франция	28	215	1,02	257,43
Miller Nitro 5275	США	35	255	1,08	249,67
Jacto Uniport 3030	Япония	35	243	1,11	247,21
Caruelle Nympheos 4240	Италия	38	237	1,04	246,88
Agrifac Condor 4000	Нидерланды	20	210	1,02	222,39
Hardi ALPHA evo	Дания	20	220	1,05	216,35
Mazzotti MAF 4240	Италия	30	237	0,92	203,21
Rimeco Albatros 2500	Италия	27	185	0,91	187,54
Versatile SX-275	«Ростсельмаш», Ростов-на-Дону	30	225	1,04	161,41
Блюминг БЛ-3000	«Мекосан», Беларусь	12	78	0,63	159,70
Барс-3000	«Казаньсельмаш», Казань	20	130	0,86	147,71
Рубин-3500	«Рубин», Самара	21	175	0,88	133,38
Spray Traker	«Инвест-Агро», Воронеж	20	145	0,87	125,67

Таблица 8

Расчетные составляющие показателя $K_{\text{ТЕХ}}$ и корреляция с показателем $Z_{\text{ИТ}}$

ji	Технические характеристики	$X_{\text{СП}i}$	a_i	$corr(Z_{\text{ИТ}}, X_i)$
1	Мощность двигателя (W_d), л.с	224,9	0,19	0,661
2	Размах штанги (L_p), м	31,88	0,21	0,363
3	Транспортная скорость (V_T), км/ч	42,7	0,10	0,319
4	Рабочая скорость (V_p), км/ч	23,8	0,17	0,414
6	Максимальная ширина колеи (S_M), м	2,89	0,07	0,165
5	Максимальная высота штанги (H_M), м	2,48	0,08	0,177
8	Объем бака с раствором (Q_B), м ³	3,67	0,12	0,281
7	Дорожный просвет (H_d), м	1,46	0,06	0,064

Полученная регрессия позволяет рассчитать значение показателя $Z_{ИТ}$ для перспективной модели самоходного опрыскивателя. Этот прогноз особенно важен для ранних этапов жизненного цикла продукции и позволяет сократить процедуры экспертного опроса.

Наибольшие значения коэффициента парной корреляции показатель $Z_{ИТ}$ имеет с комплексным показателем $K_{ТЕХ}$. Достаточно высокая корреляция обнаружена с характеристикой мощности двигателя $W_{д}$ и характеристикой рабочей скорости машины $V_{р}$:

$$\text{corr}(Z_{ИТ}, K_{ТЕХ}) = 0,475$$

$$\text{corr}(Z_{ИТ}, W_{д}) = 0,661$$

$$\text{corr}(Z_{ИТ}, V_{р}) = 0,414$$

Результаты расчетов корреляции для остальных характеристик приведены в табл. 8.

Выявленная более высокая корреляция показателя $Z_{ИТ}$ с характеристиками $W_{д}$ и $V_{р}$ по сравнению с другими техническими характеристиками объясняется следующими причинами.

Более высокая мощность двигателя $W_{д}$ обеспечивает оперативное увеличение давления опрыскивающей жидкости при подаче сигнала оптических датчиков засоренности поля о необходимости более интенсивного опрыскивания конкретного участка, особенно насыщенного сорняками. Оперативная обработка сигнала об увеличении подачи раствора должна сочетаться с качеством распыливания, что также обеспечивается повышением мощности двигателя. Мелкодисперсный туман приводит к лучшему прилипанию капель к растениям, повышает длительность воздействия препарата на сорняки.

Более высокая максимальная рабочая скорость машины $V_{р}$ позволяет ей двигаться быстрее на ровных участках поля при подаче соответствующего сигнала датчиков рельефа о целесообразности такого движения. Это увеличивает производительность опрыскивателя, сокращает сроки полевых работ и обеспечивает выполнение химической обработки растений в оптимальный агротехнический период.

Направлениями дальнейших исследований является разработка дополнительных показателей конкурентоспособности продукции и совершенствование программного обеспечения используемой автоматизированной системы поддержки принятия решений.

Выводы

1. Обоснована актуальность оценки конкурентоспособности наукоемкой машиностроительной продукции по критерию

соответствия реализованных в ней информационных технологий и устройств современному уровню их развития.

2. Разработан показатель «значимость информационной технологии», позволяющий осуществлять экспертную оценку уровня использованных в НМП информационных технологий и устройств.

3. Рассмотрены варианты оснащения современными информационными средствами точного земледелия конкретного вида сельскохозяйственных машин – самоходных опрыскивателей.

4. На базе автоматизированной системы поддержки принятия решений выполнено исследование конкурентоспособности по предлагаемому показателю для 24 моделей самоходных опрыскивателей.

5. Для выбранных машин определены показатели конкурентоспособности по множеству наиболее весомых технических характеристик.

6. Результаты корреляционно-регрессионного анализа показателя «значимость информационной технологии» показывают относительно высокую корреляционную связь его значений с комплексным показателем по множеству технических характеристик, а также с мощностью двигателя и максимальной рабочей скоростью машин.

7. Разработанный показатель целесообразно применять для экспертной экспресс-оценки конкурентоспособности НМП на базе автоматизированных систем поддержки принятия решений.

Список литературы

1. Ризванов Д.А., Юсупова Н.И. Основы поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах с применением интеллектуальных технологий // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 1. С. 69–73.
2. Кирсанова Д.А., Жариков В.Д. Критерии и показатели конкурентоспособности машиностроительной продукции // Социально-экономические явления и процессы. 2016. Т. 11. № 3. С. 72–76.
3. Мараховская И.Ю. Показатели оценки конкурентоспособности наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла продукции // Актуальные научные исследования в современном мире. 2016. № 5. С. 47–49.
4. Осипов Ю.М. Показатель «значимость технического решения» имитационной модели АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация и современные технологии. 1994. № 3. С. 33–35.
5. Быков С.Н., Осипов Ю.М. Показатель «значимость экономического события» АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация. Современные технологии. 1998. № 4. С. 36–38.
6. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Точное земледелие. СПб.: Лань, 2017. 376 с.
7. Быков С.Н., Маринов Н.А. Система поддержки принятия решений о конкурентоспособности наукоемкой продукции // Свидетельство на программу для ЭВМ. RUS 2017614511. № 2016662482. Реестр программ для ЭВМ. Оpubл. 18.04.2017.