

УДК 631.17:519.8

**ПОКАЗАТЕЛИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОВЕНЬ ПРОИЗВОДСТВЕННО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ, И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ**

**С. В. КУРЗЕНКОВ, В. И. КОЦУБА, И. Л. ПОДШИВАЛЕНКО**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 15.06.2017)*

*Для принятия решения по диагностированию работоспособности сельскохозяйственной техники хозяйствующих субъектов требуется иметь аргументированные показатели ее технического состояния и эксплуатации. Такими показателями могут являться: уровень производственной эксплуатации, уровень технической эксплуатации, уровень диагностирования, уровень технического обеспечения, уровень кадрового обеспечения. В свою очередь эти показатели являются характеристиками уровня производственно-технической эксплуатации исследуемого сельхозпредприятия. Поэтому использование их в системе агротехнического обслуживания должно помочь в обосновании стратегии управления техническим состоянием машин, разработке алгоритма их технического диагностирования и ремонта, а также определении рациональной периодичности данных работ. В статье приводится математическое описание показателей, определяющих уровень производственно-технической эксплуатации сельскохозяйственного предприятия и их статистическая оценка. Результаты статьи будут использованы для установления связи между уровнем производственно-технической эксплуатации сельхозпредприятия и его определяющими характеристиками.*

**Ключевые слова:** комплексная оценка, техническое состояние, сельскохозяйственная техника, уровень производственно-технической эксплуатации сельхозпредприятий.

*To make a decision on diagnosing the working capacity of agricultural equipment of economic entities, it is required to have reasonable indicators of its technical condition and operation. Such indicators can be: the level of production operation, the level of technical operation, the level of diagnosis, the level of technical support, the level of staffing. In turn, these indicators are characteristics of the level of industrial and technical exploitation of the agricultural enterprise under study. Therefore, their use in agrotechnical service system should help in justifying the strategy of managing the technical condition of machines, developing an algorithm for their technical diagnosis and repair, and determining the rational frequency of these works. The article provides a mathematical description of indicators that determine the level of production and technical exploitation of an agricultural enterprise and their statistical evaluation. The results of the article will be used to establish a link between the level of industrial and technical exploitation of the agricultural enterprise and its defining characteristics.*

**Key words:** integrated assessment, technical condition, agricultural machinery, level of industrial and technical exploitation of agricultural enterprises.

**Введение**

Аргументированное принятие решения по диагностированию работоспособности сельскохозяйственной техники, обоснование его научными расчетами является одной из важнейших задач системы агротехнического сервиса Республики Беларусь [1–5].

До недавнего времени для комплексной оценки технического состояния сельскохозяйственной техники и ее эксплуатации использовались такие показатели, как коэффициенты технической готовности и использования [2]. Однако проведенный анализ этих показателей для хозяйств республики показал, что они недостаточно полно и адекватно описывают техническое состояние сельскохозяйственной техники и ее эксплуатацию [3].

В связи с этим было предложено техническое состояние сельскохозяйственной техники хозяйств республики и уровень ее эксплуатации оценивать комплексным параметром [4], который должен:

- 1) всесторонне характеризовать эффективность управления процессами поддержания работоспособности и использования по назначению сельскохозяйственной техники;
- 2) отражать совокупность факторов, определяющих время простоя в неработоспособном состоянии по техническим, технологическим и организационным причинам;
- 3) являться системообразующим критерием при формировании системы технического сервиса машинно-тракторного парка (САТС МТП) разных хозяйствующих субъектов;
- 4) влиять на производственные показатели работы машин.

В качестве такого показателя может выступать уровень производственно-технической эксплуатации (УПТЭ) хозяйствующего субъекта [5, 6]. Его использование должно помочь в обосновании стратегии управления техническим состоянием машин, разработке алго-

ритма их технического диагностирования и ремонта, а также определении рациональной их периодичности.

Таким образом, математическое описание УПТЭ является актуальной и важной задачей.

### Основная часть.

Обобщая результаты исследований, графическую модель оценки уровня производственно-технической эксплуатации хозяйствующего субъекта можно представить в следующем виде (рис. 1).

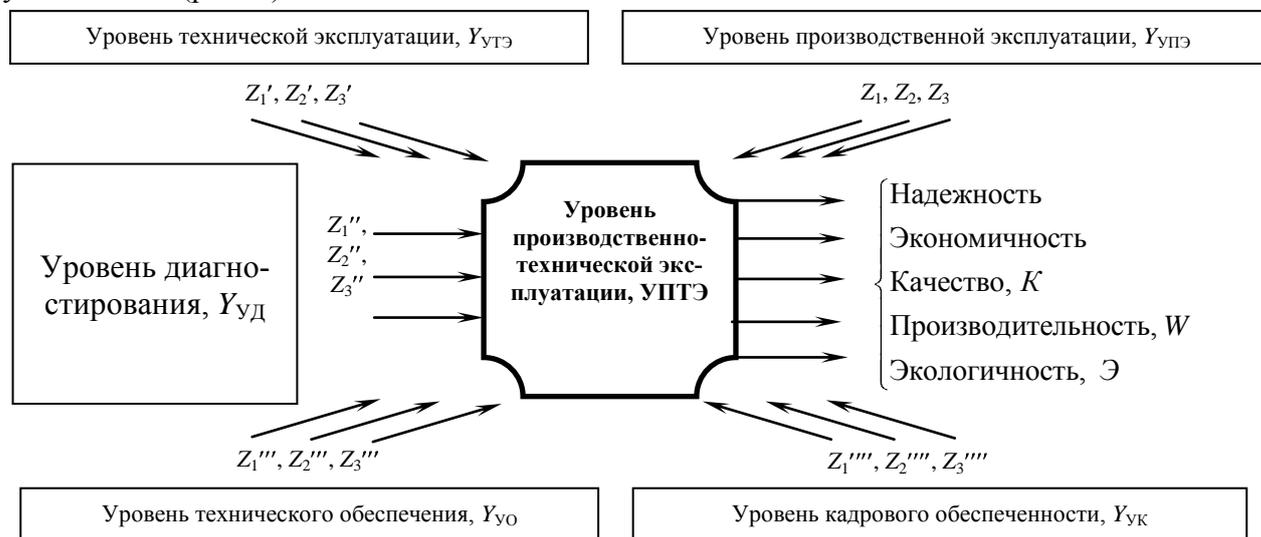


Рис. 1. Графическая модель оценки уровня производственно-технической эксплуатации хозяйствующего субъекта

При анализе уровня производственно-технической эксплуатации (УПТЭ) сельхозпредприятий были определены следующие основные факторы, влияющие на этот показатель: УПЭ – уровень производственной эксплуатации, УТЭ – уровень технической эксплуатации, УД – уровень диагностирования, УО – уровень технического обеспечения, УК – уровень кадрового обеспечения.

Однако все приведенные факторы являются в свою очередь составными характеристиками УПТЭ и зависят от ряда независимых факторов:  $Z_1$  – эксплуатация в соответствии с техническими условиями (ТУ) завода изготовителя,  $Z_2$  – почвенно-климатические условия эксплуатации,  $Z_3$  – качество выполнения полевых работ, определяющие результирующий признак  $Y_{УПЭ}$ ;  $Z_1'$  – качество проведения технического осмотра (ТО),  $Z_2'$  – качество проведения ремонта,  $Z_3'$  – организация и качество хранения техники, определяющие результирующий признак  $Y_{УТЭ}$ ;  $Z_1''$  – наличие диагностирования при проведении ТО,  $Z_2''$  – предремонтное диагностирование,  $Z_3''$  – характеристики оборудования для диагностирования, определяющие результирующий признак  $Y_{УД}$ ;  $Z_1'''$  – информационное обеспечение,  $Z_2'''$  – техническое оснащение технологических участков,  $Z_3'''$  – наличие площадей (участков), определяющие результирующий признак  $Y_{УО}$ ;  $Z_1''''$  – обеспеченность кадрами,  $Z_2''''$  – наличие специального образования,  $Z_3''''$  – опыт работы, определяющие результирующий признак  $Y_{УК}$ .

При отыскании линейной модели независимые факторы варьировали на двух уровнях, которые условно принимались соответственно: “-1” – наихудший и “+1” – наилучший их показатель. При этом был реализован полнофакторный эксперимент (ПФЭ) типа  $2^3$  с матрицей планирования  $X$ , имеющей 8 сочетаний уровней факторов (число опытов  $N=2^3=8$ ). Матрица ПФЭ в кодированном виде была сформирована по принципу чередования знаков [6, 7], согласно которому первый вектор-столбец состоял из единиц и отвечал за определение свободного члена линейной зависимости, во втором – знаки менялись через один, в третьем – через два, в четвертом – через четыре. Диапазон изменения промежуточных результирующих факторов варьировал от 0 до 1 и характеризовал долевое состояние этих показателей для анализируемого сельхозпредприятия.

Значения промежуточных результирующих факторов, согласно матрице планирования, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения промежуточных результирующих факторов

Показатели	№ п.п							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$Y_{УПЭ}$	0,87	0,55	0,63	0,28	0,74	0,36	0,41	0,21
$Y_{УТЭ}$	0,86	0,56	0,62	0,32	0,7	0,4	0,46	0,17
$Y_{УД}$	0,9	0,54	0,62	0,26	0,75	0,38	0,47	0,11
$Y_{УО}$	0,88	0,56	0,61	0,3	0,74	0,42	0,47	0,16
$Y_{УК}$	0,87	0,54	0,63	0,31	0,72	0,39	0,48	0,16

После подтверждения на основании критерия Кохрена гипотезы об однородности ряда скорректированных дисперсий [6] были определены точечные оценки коэффициентов регрессии по каждому из промежуточных результирующих признаков и составлены линейные модели анализируемых данных:

$$Y_{УПЭ} = 0,50625 + 0,15625 \cdot Z_1 + 0,12375 \cdot Z_2 + 0,07625 \cdot Z_3, \quad (1)$$

$$Y_{УТЭ} = 0,51125 + 0,14875 \cdot Z_1' + 0,11875 \cdot Z_2' + 0,07875 \cdot Z_3', \quad (2)$$

$$Y_{УД} = 0,50375 + 0,18125 \cdot Z_1'' + 0,13875 \cdot Z_2'' + 0,07625 \cdot Z_3'', \quad (3)$$

$$Y_{УО} = 0,5175 + 0,1575 \cdot Z_1''' + 0,1325 \cdot Z_2''' + 0,07 \cdot Z_3''', \quad (4)$$

$$Y_{УК} = 0,51125 + 0,1625 \cdot Z_1'''' + 0,1175 \cdot Z_2'''' + 0,075 \cdot Z_3'''''. \quad (5)$$

Оценку качества полученных моделей производили на основании статистических критериев детерминации, множественной регрессии, Фишера, Стьюдента при уровне значимости  $\alpha=0,05$ , критических значениях  $F$ -критерия  $F_{кр}=6,59$  и  $t$ -критерия  $t_{кр}=2,78$ . Результаты этих расчетов приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Статистические оценки линейной модели для показателя  $Y_{УПЭ}$

Статистические характеристики модели		Анализ качества математической модели
обозначения	значения	
$R^2$	0,98	98 % изменений результирующего признака объясняется включенными в модель факторами, и только 2 % остаются необъяснимыми
$R$	0,99	связь сильная
$F$	51	$R^2$ незначим
$t_{\beta 0}$	29,5	значим
$t_{\beta 1}$	9,1	значим
$t_{\beta 2}$	7,2	значим
$t_{\beta 3}$	4,4	значим

Таблица 3. Статистические оценки линейной модели для показателя  $Y_{УТЭ}$

Статистические характеристики модели		Анализ качества математической модели
обозначения	значения	
$R^2$	0,99	99% изменений результирующего признака объясняется включенными в модель факторами, и только 1 % остается необъяснимым
$R$	0,999	связь сильная
$F$	5,6	$R^2$ значим
$t_{\beta 0}$	409	значим
$t_{\beta 1}$	119	значим
$t_{\beta 2}$	95	значим
$t_{\beta 3}$	63	значим

Статистический анализ полученных математических моделей позволил сделать вывод об их адекватности по результирующим признакам  $Y_{УТЭ}$ ,  $Y_{УД}$ ,  $Y_{УО}$ ,  $Y_{УК}$  и необходимости коррекции модели по признаку  $Y_{УПЭ}$ . Тот факт, что все коэффициенты в полученных математических моделях оказались значимыми, подтвердил предположение о значимости независимых факторов, включенных в модели. Причем было выявлено следующее влияние этих факторов на изучаемые показатели:

– улучшение условий эксплуатации в соответствии ТУ завода изготовителя, почвенно-климатических условий эксплуатации, качества выполнения полевых работ на 1 % при остальных неизменных условиях приводит к увеличению УПЭ соответственно на 16, 12 и 8 %;

- аналогичное улучшение качества проведения ТО и ремонта, а также организации и качества хранения техники, увеличивают УТЭ соответственно на 15, 12 и 8 %;
- увеличение работ по диагностированию техники при проведении ТО и в предремонтный период, а также улучшение условий диагностирования на 1 % при остальных неизменных условиях приводят к увеличению УД соответственно на 18, 14 и 8 %;
- улучшение информационного обеспечения, технического оснащения технологических участков и расширение их площадей на 1% при остальных неизменных условиях приводят к увеличению УО соответственно на 16, 13 и 7 %;
- увеличение работ по обеспечению производства квалифицированными кадрами приводит к росту УК на 16, 12 и 8 % соответственно по исследуемым показателям.

В ходе проведения корректировки математической модели по результирующему признаку  $Y_{УПЭ}$  было установлено, что ввод в уравнение регрессии квадратов независимых переменных ( $Z_1^2$ ,  $Z_2^2$ ,  $Z_3^2$ ) не приводит к улучшению его качества, а учет в нем парных взаимодействий ( $Z_1 \cdot Z_2$ ,  $Z_1 \cdot Z_3$ ,  $Z_2 \cdot Z_3$ ) дает возможность признать коэффициент детерминации значимым ( $F=11$  при  $F_{кр}=234$ ) и новую синтезированную модель – адекватной для оценки УПЭ. В окончательном варианте математическая модель УПЭ (9) приняла вид:

$$Y_{УПЭ}=0,50625+0,15625 \cdot Z_1+0,12375 \cdot Z_2+0,07625 \cdot Z_3+0,01875 \cdot Z_1 \cdot Z_2+0,01125 \cdot Z_1 \cdot Z_3+0,00375 \cdot Z_2 \cdot Z_3, \quad (6)$$

Анализ отклонений данных, полученных на основании математических моделей (6), (2), (3), (4), (5) по показателям результирующих признаков от соответствующих эмпирических данных, показал, что их абсолютные погрешности составляют: по показателю  $Y_{УПЭ}$  – 0,03,  $Y_{УТЭ}$  – 0,005,  $Y_{УД}$  – 0,005,  $Y_{УО}$  – 0,003,  $Y_{УК}$  – 0,003. Это еще одно подтверждение хорошего качества полученных моделей.

### **Заключение**

На основании анализа первичной документации хозяйствующих субъектов Республики Беларусь, их бизнес планов и производственных отчетов нами были получены адекватные математические модели показателей уровня производственно-технической эксплуатации: уровня производственной эксплуатации (УПЭ), уровня технической эксплуатации (УТЭ), уровня диагностирования (УД), уровня технического обеспечения (УО) и уровня кадровой обеспеченности (УК) среднестатистического сельхозпредприятия. Эти зависимости можно использовать для математического моделирования приведенных показателей и в пределах более гибкого варьирования от –1 до 1 соответствующих независимых факторов. Дальнейшие аналитические исследования будут посвящены установлению связи между уровнем производственно-технической эксплуатации (УПЭ) сельхозпредприятия и его характеристиками УТЭ, УД, УО и УК.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Юдин, М. И. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий: учебник / М. И. Юдин, Н. И. Стукопин, О. Г. Ширай. – Краснодар, 2002. – С. 944.
2. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник / А. В. Рубайлов, Ф. Ю. Керимов, В. Я. Дворковой и др.; под ред. Е. С. Локшина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.– 512 с.
3. Немцев, А. Е. Обеспечение работоспособности мобильной сельскохозяйственной техники на основе резервирования обменного фонда / А.Е. Немцев: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.20.03 / А. Е. Немцев.– Новосибирск, 1998. – 44 с.
4. Топилин, Г. Е. Экспертная оценка приспособленности тракторов к техническому обслуживанию / Г. Е. Топилин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1978. – № 5.– С. 34 - 37.
5. Антонец, Д. А. Теоретические основы количественной оценки уровня технической эксплуатации тракторов / Д. А. Антонец // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – № 6. – С. 6–7.
6. Подшиваленко, И. Л. Обоснование критериев технического состояния сельскохозяйственной техники / И. Л. Подшиваленко, С. В. Курзенков, В. А. Гайдук, В. К. Клыбик, В. М. Кузюр // Вестник Брянской ГСХА: по материалам XXVII-й международной научно-технической конференции «Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения». – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2014. – №3. – С. 56–58.
7. Митков, А. Л. Статистические методы в сельхозмашиностроении / А. Л. Митков, С. В. Кардашевский. – М.: «Машиностроение», 1978. – 360 с.
8. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Л.: Колос, 1972. – 200 с.