

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ МАШИННО-
ТРАКТОРНОГО ПАРКА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ
МЕТОДОМ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА**

**Войтов В.А., д.т.н., проф.; Беляева О.С., асп.; Климов
П.Н., к.т.н.**

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. Петра Василенко*

В статье приведено определение оценки надежности машинно-тракторного парка методом вероятностного анализа с использованием комплексных критериев надежности - коэффициента готовности и коэффициента технического использования.

Для различных хозяйств в силу специфики их деятельности актуальны различные проблемы и способы повышения экономической эффективности использования техники. Однако общими для всех можно назвать проблему установления эффективности ремонта техники по сравнению с ее заменой, поскольку использование основных средств снижает их остаточную и соответственно рыночную стоимость, а также производительность, надежность и прочие показатели.

С другой стороны, с увеличением срока эксплуатации увеличиваются затраты на ремонт и обслуживание техники с целью поддержания ее в работоспособном состоянии. Поэтому у собственника технического средства может быть несколько вариантов действий из числа следующих:

- продолжить эксплуатацию и увеличить затраты на ремонт, в том числе капитальный, для максимального удлинения срока эксплуатации за пределами срока амортизации;
- заменить на новое, аналогичное;
- заменить на принципиально новое для реализации новых перспективных технологий;
- реализовать техническое средство по рыночной цене на вторичном рынке как машину или металлолом и прекратить или сократить объем выполнения некоторых технологических операций.

Из вышеперечисленного предприятие выбирает верное, на его взгляд, решение и реализовывает его, получая большую или меньшую прибыль или даже убыток.

Поэтому обоснование вопросов, связанных с эффективностью ис-

пользования сельскохозяйственной техники, а также разработке предложений по перспективе и развитию технического потенциала в хозяйствах является актуальной задачей.

Методический подход

В сельскохозяйственном производстве одним из вопросов планирования работ хозяйства на следующий год является вопрос надежности машинно-тракторного парка. При этом необходимо использовать имеющуюся технику таким образом, чтобы хозяйство выполняло весь запланированный объем работ с минимальными эксплуатационными затратами, затратами на ремонт и техническое обслуживание. Это будет способствовать достижению более высокой эффективности использования машин, оборудования, материальных и финансовых ресурсов, экономии рабочего времени, сырья, топлива и энергии. Следовательно, необходимо в каждом хозяйстве, с определенной вероятностью, знать возможное количество отказов, которое может произойти с каждой единицей техники и, тем самым, планировать оптимальное количество средств на эксплуатацию и ремонт машин. Такая оценка позволит предвидеть возможные перерывы в работе техники, нарушающие эффективный ход выполнения агротехнологического процесса, а также увеличит полезный фонд времени и выпуск сельскохозяйственной продукции.

Построение модели надежности

На основании структурной схемы состояний машинно-тракторного парка (МТП) в растениеводстве, которая представлена в работе [1], выполним детализацию входящих в эту схему отдельных составляющих групп, как указано на рис.1.

Такая схема дает возможность оценить эффективность использования всего МТП в целом, а также по отдельности каждую из групп (например, парк тракторов, парк комбайнов, парк машин для внесения удобрений и т.д.)

Основным этапом анализа является определение вероятностной оценки надежности машинно-тракторного парка, где исправное и неисправное состояния всего МТП будет определяться интенсивностями отказов и интенсивностями восстановлений (λ и μ), представленных формулами:

$$\lambda(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N \Delta t}, \quad (1)$$

$$\mu_{i,o} = \frac{1}{t_{i \text{восст}}}, \quad (2)$$

где: $n(t + \Delta t)$ – количество машин которые отказали на отрезке от t до Δt ;

$n(t)$ – количество машин которые отказали на отрезке от 0 до t ;
 N – количество машин работоспособных в начальный момент времени;
 t_i *восст* – время которое необходимо потратить, чтобы машина была в работоспособном состоянии.

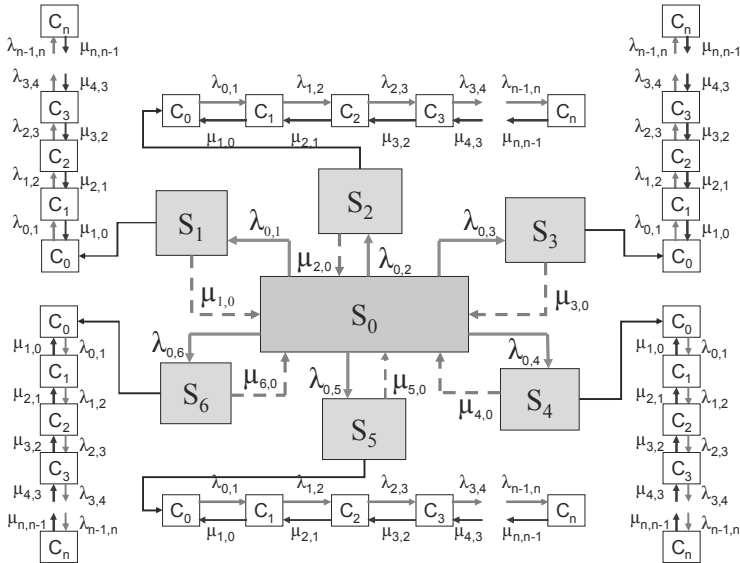


Рис. 1 Структурная схема МТП

Принимая во внимание то, что события отказов или уменьшения составляющих МТП являются независимыми, т.е выход из строя парка тракторов не влечет за собой выход из строя парка почвообрабатывающих машин, а только лишь приостанавливает их применение, на основании выводов работы [1] можно записать формулу для определения коэффициента технического использования МТП:

$$K_{\text{ти}} = P_0 - \sum_{i=1}^7 P_i, \quad (3)$$

где: P_0 – вероятность нахождения техники в исправном состоянии перед началом полевых работ;

P_i – вероятность отказов составляющих МТП.

Согласно национальным стандартам по оценке и обеспечению надежности техники, надежность МТП в растениеводстве оценивается такими параметрами, как коэффициент готовности (K_r) и коэффициент технического использования ($K_{\text{ти}}$). Для расчета K_r в стандартах не приво-

дается расчетная формула, а дается лишь определение, коэффициент готовности – это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается. Исходя из этого можно записать что $K_r = P_0$.

Применяя основные положения теории исследования операций в работе [1] получены формулы (4,5) для вероятностной оценки коэффициента готовности K_r , который отражает потенциальную возможность всего МТП перед началом полевых работ и вероятностной оценки коэффициента технического использования $K_{тн}$, который отражает реальные (фактические) объемы выполненных работ:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{0,1}}{\mu_{1,0}} + \frac{\lambda_{0,2}}{\mu_{2,0}} + \frac{\lambda_{0,3}}{\mu_{3,0}} + \frac{\lambda_{0,4}}{\mu_{4,0}} + \frac{\lambda_{0,5}}{\mu_{5,0}} + \frac{\lambda_{0,6}}{\mu_{6,0}}} \quad (4)$$

$$P_i = P_0 \cdot \frac{\lambda_{0,i}}{\mu_{i,0}}; \quad (5)$$

Рассмотрим составляющие МТП в отдельности. Схему выхода из строя техники внутри каждой из групп, а также восстановления работоспособного состояния единиц техники рассмотрим в виде последовательного соединения элементов, рис.2.

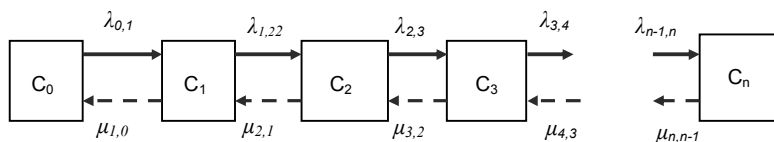


Рис. 2. Структурная схема одной из составляющих групп МТП

Последовательное соединение состояний в структурной схеме на рис. 2 объясняется следующим. При исправном состоянии всех n составляющих, например пяти тракторов, нагрузка при предпосевной обработке почвы на них распределяется равномерно или пропорционально мощности двигателей. При выходе из строя одного трактора схема не прекращает своё функционирование, а вся нагрузка распределяется на остальные четыре трактора. Это приводит к увеличению интенсивности эксплуатации оставшихся тракторов. При выходе из строя четырех тракторов, весь объем работ приходится на один трактор, а время восстановления четырех, одновременно вышедших из строя тракторов, значительно увеличивается, т.к. уже существует очередь на восстановление.

Имея граф состояний техники внутри каждой из групп и применяя правило Колмогорова составляем систему дифференциальных уравнений для последовательной цепочки и, задавшись начальным условием, что

перед началом полевых работ отказов нет ($P_i = 0$), система дифференциальных уравнений преобразовывается в систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \lambda_{0,1}P_0 &= \mu_{1,0}P_1, \\ \lambda_{1,2}P_1 &= \mu_{2,1}P_2, \\ \lambda_{2,3}P_2 &= \mu_{3,2}P_3, \\ &\dots\dots\dots \\ \lambda_{i-1,i}P_{i-1} &= \mu_{i,i-1}P_i. \end{aligned} \tag{6}$$

Решая систему линейных уравнений, получим формулы для определения вероятностей отказов единиц техники каждой из составляющих в группе:

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{\lambda_{0,1}}{\mu_{1,0}} P_0, \\ \text{аналогично:} \quad P_2 &= \frac{\lambda_{1,2}}{\mu_{2,1}} P_1 = \frac{\lambda_{1,2}\lambda_{0,1}}{\mu_{2,1}\mu_{1,0}} P_0, \\ P_3 &= \frac{\lambda_{2,3}}{\mu_{3,2}} P_2 = \frac{\lambda_{2,3}\lambda_{1,2}\lambda_{0,1}}{\mu_{3,2}\mu_{2,1}\mu_{1,0}} P_0, \\ P_i &= \frac{\lambda_{i-1,i}}{\mu_{i,i-1}} P_{i-1} = \frac{\lambda_{i-1,i}\dots\lambda_{2,3}\lambda_{1,2}\lambda_{0,1}}{\mu_{i,i-1}\dots\mu_{3,2}\mu_{2,1}\mu_{1,0}} P_0. \end{aligned} \tag{7}$$

Подставляя полученные выражения в нормировочное условие:

$$P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_i = 1,$$

выразим P_0 через $P_1 \dots P_i$:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{0,1}}{\mu_{1,0}} + \frac{\lambda_{1,2}\lambda_{0,1}}{\mu_{2,1}\mu_{1,0}} + \frac{\lambda_{2,3}\lambda_{1,2}\lambda_{0,1}}{\mu_{3,2}\mu_{2,1}\mu_{1,0}} + \dots + \frac{\lambda_{i-1,i}\dots\lambda_{2,3}\lambda_{1,2}\lambda_{0,1}}{\mu_{i,i-1}\dots\mu_{3,2}\mu_{2,1}\mu_{1,0}}}. \tag{8}$$

Формула (8) выражает вероятность нахождения единиц техники в исправном состоянии перед началом полевых работ в каждой группе машин (например, парка тракторов).

Выводы

Имея статистический материал за предыдущие годы можно определить интенсивности отказов (λ) и интенсивности восстановлений (μ) (с учетом времени на покупку и доставку запасных частей, а также ремонт), в результате которых по формулам (7) и (8) получим вероятностный про-

прогноз готовности единиц техники, составляющих каждую группу на следующий год. На основании полученных расчетов по составляющим, применяя формулы (4) и (5), можно получить вероятностный прогноз для всего машинно-тракторного парка. Результаты позволят принять решение на разработку соответствующих мероприятий по обеспечению надежности техники и необходимых значений $K_{ти}$.

Список использованных источников

1. Войтов В.А., Биляева О.С. Ймовірнісна оцінка надійності машинно-тракторного парку в рослинництві [Текст] / Вісник ХНТУСГ, вип. 75, том 1, 2008, с. 369-375.

2. Вентцель Е.С. Исследование операций [Текст] / Е.С. Вентцель // М.: «Советское радио», 1972. -552 с.

3 ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.

Анотація

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ У РОСЛИННИЦТВІ МЕТОДОМ ІМОВІРНІСНОГО АНАЛІЗУ

Войтов В.А., Биляева О.С., Климов П.Н.

У статті наведено визначення оцінки надійності машинно-тракторного парку методом імовірнісного аналізу з використання комплексних критеріїв надійності - коефіцієнта готовності та коефіцієнта технічного використання.

Abstrakt

THE ESTIMATION OF AUTOMOBILE AND TRACTOR FORCE RELIABILITY IN CROP GROWING BY USING PROBABILISTIC ANALYSIS

V. Voytov, O. Belyaeva, P.Klimov

The definition of the estimation of automobile and tractor force reliability in crop growing by using probabilistic analysis with reliability index usage, availability factor usage, operating efficiency usage is given in this article.