

УДК 631.3:62-192

© С.А. Шевченко, к.т.н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСОВОДСТВА И РАСТЕНИЕВОДСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАШИН ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

Разработана методика определения вероятности выполнения технологического процесса с потерями продукции не большими, чем заданные допустимые. Полученные результаты могут использоваться, если наработка на отказ всех или части машин превышает длительности технологических операций.

ЛЕСОВОДСТВО, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ОТКАЗ МАШИНЫ, ПОТЕРИ ПРОДУКЦИИ.

Постановка проблемы. Отказы тракторов и специальных машин для лесного хозяйства и растениеводства приводят не только к необходимости увеличения машинотракторного парка, но и к потерям части продукции. Современным машинам свойственны достаточно высокие показатели наработки на отказ, зачастую соизмеримые или даже превосходящие длительности выполнения технологических операций (такие машины в данной статье будем относить к машинам повышенной надежности). При этом имеется тенденция к повышению стоимости машин. Следовательно, для оптимального комплектования машинотракторного парка и выбора системы технической эксплуатации требуется оценивать потери, вызванные увеличением сроков выполнения технологических операций из-за отказов машин.

Анализ исследований и публикаций. Способы определения показателей надежности лесохозяйственных машин приведены в [1]. В [2] разработана методика и программное обеспечение для имитационного моделирования выполнения технологического процесса комплексами машин различной надежности, что позволяет определять потери продукции вследствие отказов. Рекомендации по выбору и нормированию показателей надежности лесных машин приведены в [3]. Статистические данные об отказах лесохозяйственных машин приведены в [4]. В [5] разработана методика определения вероятности надлежащего выполнения техпроцесса растениеводства с применением машин, наработка на отказ которых меньше длительности технологической операции.

Нерешенной частью проблемы является разработка методики вероятностного определения потерь продукции, если выполнение части технологических операций может происходить без снижения

коэффициента реализации биологического потенциала (КРБП) лесных культур (или растений), вызванного отказами техники.

Целью статьи является разработка методики определения вероятности недопустимого снижения КРБП из-за отказов. Методика разрабатывается для технологического процесса, часть операций (или все операции) которого выполняется машинами с наработкой на отказ большей, чем длительность технологической операции.

Результаты исследования. Определим численные характеристики потерь продукции при выполнении технологической операции машиной повышенной надежности, используя метод математического моделирования. Потерю КРБП будем рассматривать как вероятностную смесь случайных величин: если при выполнении операции произошел отказ, то потеря КРБП является случайной величиной с численными характеристиками, которые можно определить по методике [6]; если отказа нет, то потеря КРБП является нулевой. Случайные потери КРБП при выполнении технологической операции будем характеризовать двумя первыми начальными моментами распределения и вероятностью безотказной работы:

$$M[\Delta K_i] = (1 - P_{0i}) \cdot M[\Delta \kappa_i],$$

$$M[\Delta K_i^2] = (1 - P_{0i}) \cdot M[\Delta \kappa_i^2],$$

где ΔK_i – потеря КРБП при выполнении i -ой операции; $\Delta \kappa_i$ – потеря КРБП вследствие отказа машины при выполнении i -ой технологической операции; P_{0i} – вероятность безотказной работы при выполнении i -ой технологической операции.

Определим численные характеристики потерь продукции при выполнении технологического процесса, все операции которого выполняются машинами повышенной надежности. Для этого используем мультипликативную форму представления КРБП по результатам технологического процесса как произведения соответствующих коэффициентов на отдельных операциях [7]. Таким же образом определим случайную потерю КРБП вследствие отказов при выполнении технологических операций:

$$K_{III} = \prod_{i=1}^{N_{II}} (1 - \Delta K_i), \quad (1)$$

где K_{III} – составляющая КРБП, обусловленная отказами при выполнении технологического процесса; N_{II} – количество технологических операций, выполняющихся машинами повышенной надежности.

С учетом того, что потери на каждой операции значительно меньше единицы, преобразуем (1):

$$\Delta K_{III} \approx \sum_{i=1}^{N_{II}} \Delta K_i .$$

Определим численные характеристики потерь КРБП:

$$\mathbf{M}[\Delta K_{III}] = \sum_{i=1}^{N_{II}} \mathbf{M}[\Delta K_i] , \quad \mathbf{M}[\Delta K_{III}^2] = \sum_{i=1}^{N_{II}} \mathbf{M}[\Delta K_i^2] , \quad (2)$$

$$P_0 = \prod_{i=1}^{N_{II}} p_{0i} ,$$

где P_0 – вероятность безотказной работы при выполнении технологического процесса; N_{II} – количество операций, выполняемых машинами повышенной надежности.

Определим закон распределения потерь продукции из-за отказов. Для этого представим потери КРБП как вероятностную смесь двух составляющих:

- с вероятностью P_0 потери КРБП отсутствуют (нулевые);
- с вероятностью $(1 - P_0)$ потери КРБП распределены по нормальному закону (т.к. отказы, а, следовательно, и потери КРБП при выполнении операций, независимы) с искомыми математическим ожиданием $m_{\Delta K}$ и среднеквадратичным отклонением $\sigma_{\Delta K}$.

Определим параметры этого распределения. Математическое ожидание нормально распределенной составляющей потерь КРБП определим исходя из известного математического ожидания вероятностной смеси (2):

$$m_{D\hat{E}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_I} \mathbf{M}[D\hat{E}_i]}{1 - P_0} .$$

Исходя из того, что

$$\mathbf{M}[\Delta K_{III}^2] = (1 - P_0) \cdot \left((m_{\Delta K})^2 + (\sigma_{\Delta K})^2 \right) ,$$

определим среднеквадратичное отклонение нормально распределенной составляющей потерь:

$$s_{D\hat{E}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_I} \mathbf{M}[D\hat{E}_i^2]}{1 - P_0} - (m_{D\hat{E}})^2} .$$

Таким образом, получена интегральная функция распределения потерь КРБП:

$$F(\Delta K_{III}) = P_0 + (1 - P_0) \Phi \left(\frac{\Delta K_{III} - m_{\Delta K}}{\sigma_{\Delta K}} \right). \quad (3)$$

Из (3) определим вероятность превышения потерями КРБП заданного допустимого значения:

$$P(\Delta K_{III} > \Delta K_{III \text{ Дюн}}) = 1 - F(\Delta K_{III \text{ Дюн}}),$$

$$P(\Delta K_{III} > \Delta K_{III \text{ Дюн}}) = (1 - P_0) \left[1 - \Phi \left(\frac{\Delta K_{III \text{ Дюн}} - m_{\Delta K}}{\sigma_{\Delta K}} \right) \right],$$

где $\Delta K_{III \text{ Дюн}}$ – допустимые потери КРБП из-за отказов.

Теперь смоделируем технологический процесс из N операций, лишь часть операций которого (с номерами $i=1..N_{II}$, $N_{II} < N$) выполняется машинами повышенной надежности. Потери КРБП вследствие отказов машин по результатам технологического процесса представим вероятностной смесью двух составляющих:

- с вероятностью P_0 потери КРБП распределены по нормальному закону с параметрами $m'_{\Delta K}$ и $\sigma'_{\Delta K}$ (если нет отказов машин повышенной надежности);

- с вероятностью $(1 - P_0)$ потери КРБП распределены по нормальному закону с параметрами $m''_{\Delta K}$ и $\sigma''_{\Delta K}$ (если произошел хотя бы один отказ машин повышенной надежности).

При безотказной работе машин повышенной надежности параметры соответствующего распределения найдем по формулам:

$$m'_{\Delta K} = \sum_{i=N_{II}}^N \mathbf{M}[\Delta K_i], \quad m'_{\Delta K^2} = \sum_{i=N_{II}}^N \mathbf{M}[\Delta K_i^2],$$

$$\sigma'_{\Delta K} = \sqrt{m'_{\Delta K^2} - (m'_{\Delta K})^2}.$$

Если произошел хотя бы один отказ машин повышенной надежности, то параметры $m''_{\Delta K}$ и $\sigma''_{\Delta K}$ соответствующего распределения можно найти с помощью формул:

$$\mathbf{M}[\Delta K_{III}] = P_0 m'_{\Delta K} + (1 - P_0) m''_{\Delta K},$$

$$\mathbf{M}[\Delta K_{III}^2] = P_0 m'_{\Delta K^2} + (1 - P_0) m''_{\Delta K^2},$$

$$\sigma''_{\Delta K} = \sqrt{m''_{\Delta K^2} - (m''_{\Delta K})^2}.$$

$$\mathbf{M}[\Delta K_{ТП}] = \sum_{i=1}^N \mathbf{M}[\Delta K_i], \quad \mathbf{M}[\Delta K_{ТП}^2] = \sum_{i=1}^N \mathbf{M}[\Delta K_i^2].$$

Это позволяет определить функцию распределения потерь КРБП из-за отказов машин и вероятность недопустимых потерь:

$$F(\Delta K_{ТП}) = P_0 \Phi \left(\frac{\Delta K_{ТП} - m'_{\Delta K}}{\sigma'_{\Delta K}} \right) + (1 - P_0) \Phi \left(\frac{\Delta K_{ТП} - m''_{\Delta K}}{\sigma''_{\Delta K}} \right),$$

$$P(\Delta K_{ТП} > \Delta K_{ТП \text{ Дон}}) = P_0 \left[1 - \Phi \left(\frac{\Delta K_{ТП \text{ Дон}} - m'_{\Delta K}}{\sigma'_{\Delta K}} \right) \right] +$$

$$+ (1 - P_0) \left[1 - \Phi \left(\frac{\Delta K_{ТП \text{ Дон}} - m''_{\Delta K}}{\sigma''_{\Delta K}} \right) \right].$$

Вывод. Разработана методика определения потерь коэффициента реализации биологического потенциала лесных культур и растений, а также вероятности его недопустимого уменьшения из-за отказов машин. Методика может применяться, если наработки на отказ части (или всех) машин превосходит длительности выполнения технологических операций. Перспективным направлением исследований является уменьшение потерь продукции путем предотвращения отказов машин с помощью диагностирования.

Литература

1. Надежность машин и оборудования лесного комплекса / В.В. Амалицкий, В.Г. Бондарь, А.М. Волобаев, А.С. Воякин – М.: МГУЛ, 2002. – 279 с.
2. Пастухов В.І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.05.11 “Машини і засоби механізації с.-г. виробництва” / В.І. Пастухов. – Харків, 2006. – 38 с.
3. Research on reliability of forest harvester operation used in the company Lesy Slovenskej Republiky / J. Kovac, J. Krilek, J. Dvorak, P. Natov // Journal of forest science, 2013. – Vol. 59, №4. – P. 169–175.
4. Эгипти А.Э. Подбор номенклатуры показателей надежности лесохозяйственных машин на стадии проектирования / А.Э. Эгипти, Н.И. Серебрянский // Труды лесоинженерного ф-та ПетрГУ, 1999. – С. 195–197.
5. Шевченко С.А. Анализ влияния надежности машин

технологического комплекса на вероятность выполнения производственного задания / С.А. Шевченко // Вестник Гомельского гос. технич. ун-та им. П.О. Сухого. – Гомель: ГГТУ, 2010. – №4. – С. 30–36.

6. Шевченко С. Исследование влияния длительности восстановления машины на потери продукции растениеводства / С. Шевченко // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture, 2013. –Vol. 15, №7. – P. 40–44.

7. Агррокваліметрія / Ю.І. Ковтун, Д.І. Мазоренко, В.І. Пастухов, П.А. Джолос. – Харків: РВП "Оригінал", 2000. – 312 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.А. Войтов.

УДК 621.793.8, 669.268 - 631.356.4

© А. В. Шостак, д.т.н.,

Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки

В. В. Широков, д.т.н.,

Українська академія друкарства

С. В. Синій, к.т.н., М. Я. Варголяк

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОШУВАННЯ ТА ЗЛАМІВ ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

У статті наведено результати растрово-електронно-фрактографічних досліджень топографії поверхонь руйнування в процесі зношування зразків сірих чавунів різних плавок, що дозволить зменшити зношування та злами деталей сільськогосподарської техніки.

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА, РАСТРОВА
ЕЛЕКТРОННА МІКРОСКОПІЯ, ЧАВУН, ЗНОШУВАННЯ, ЗЛОМ.**

Постановка проблеми. Застосування в машинобудуванні економнолегованих сплавів із задовільним комплексом фізико-механічних та експлуатаційних характеристик є однією з