

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ МАШИН

*Студенты – Журба В.С., 18 рпт, 3 курс, ФТС;
Круглый П.С., 38 тс, 3 курс, ФТС*

Научные

*руководители – Круглый П.Е., к.т.н., доцент;
Кашко В.М., ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье приведена математическая модель оптимизации полнокомплектного резерва машин для обеспечения эксплуатационной надежности технологических комплексов, основанная на минимизации суммарных потерь, учитывающая как ущерб от простоя машин, так и эффект от сокращения потребности в сопряженных ресурсах. Обоснованы величины полнокомплектного резерва для различных парков технологических комплексов.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, полнокомплектный резерв, технологический комплекс, пост ремонта.

Для формализации процесса взаимодействия парка машин с системой ремонта применима теория массового обслуживания.

Пусть парк уборочного комплекса состоит из m комбайнов, из которых в начале функционирования m_p работает, а n находится в ненагруженном резерве ($m = m_p + n$). Работоспособность комбайнового парка поддерживается системой ремонта, состоящей из S постов [1-4].

В данном случае рассматривается автономная работа постов, каждый из которых состоит из N ремонтных рабочих, оснащенных соответствующим оборудованием. Производительность постов определяется количеством рабочих, участвующих в восстановлении работоспособности машин. В зависимости от удаленности работающих комбайнов от центра хозяйства и состояния дорог посты размещаются обычно, или непосредственно на месте работы машин, или в мастерской.

При взаимодействии парка комбайнов с системой ремонта имеют место два принципиально различных состояния, а именно: количество постов ремонта меньше или равно числа резервных машин ($S \leq n$); число постов больше резерва ($S > n$). Причем в каждом из этих состояний возможны случаи наличия резерва или его отсутствия (когда все резервные комбайны находятся в системе ремонта).

После рассмотрения всех возможных состояний системы обслуживания и их вероятностей получены зависимости, составляющие систему алгебраических уравнений, решение которой позволяет определить вероятности P_k наличия в ремонте k машин (ремонтируемых и ожидающих ремонта) для стационарного состояния (для систем массового обслуживания как с неограниченным, так и с ограниченным входящим потоком требований):

$$\left. \begin{aligned} -\lambda m_p P_0 + \mu P_1 &= 0 \\ \lambda m_p P_{k-1} - (\lambda m_p + \mu k) P_k + \mu(k+1) P_{k+1} &= 0 \\ &\quad (1 \leq k < S \text{ при } S < n; 1 \leq k < n \text{ при } S > n) \\ \lambda m_p P_{k-1} - (\lambda m_p + \mu S) P_k + \mu S P_{k+1} &= 0 \\ &\quad (S \leq k < n) \\ \lambda(m-k+1) P_{k-1} - [\lambda(m-k) + \mu k] P_k + \mu(k+1) P_{k+1} &= 0 \\ &\quad (n < k < S) \\ \lambda(m-k+1) P_{k-1} - [\lambda(m-k) + \mu S] P_k + \mu S P_{k+1} &= 0 \\ &\quad (n \leq k < m, \text{ при } S \leq n; S \leq k < m, \text{ при } S > n) \\ \lambda P_{m-1} - \mu S P_m &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Вероятность одновременного пребывания k машин в системе ремонта, когда их количество больше числа постов при отказавшем резерве (закрытая модель), вероятность работы всех основных и наличия в резерве n машин (система ремонта свободна), среднее количество ремонтируемых и ожидаемых ремонта машин, среднее количество работающих машин, коэффициент эксплуатационной надежности при ведены в [1].

В общем виде целевая функция суммарных потерь от простоя трудовых и материальных ресурсов модели оптимизации резерва машин и состава службы ремонта имеет вид

$$\begin{aligned} \gamma_{\rightarrow \min} (m_p, n, S, N) &= C_m (1 + Y_0) (1 - \eta_m + K_3) + \frac{1}{m} \left\{ \left(C_0 + \sum_{j=1}^N C_j + C_n \right) (1 + K) S - \left[\left(C_0 + \sum_{j=1}^N C_j + C_n \right) \times \right. \right. \\ &\times (1 + K) - C_0 \left. \left. \left[\sum_{k=0}^{S, \text{смт} S < n} \right. \right. \right. \\ &\left. \left. \left. (S - k) \frac{(\rho m_p)^k}{k!} P_0 + \sum_{k=n+1}^S (S - k) \frac{m_p^n m_p! \rho^k}{k! (m - k)!} P_0 \right] \right\}, \end{aligned} \quad (2)$$

где C_m – ущерб от простоя машины и работающего на ней персонала;

Y_0 – коэффициент, учитывающий потери от простоя сопряженных средств механизации в долях от стоимости простоя основных машин;

K_3 – коэффициент, учитывающий потери от простоя машины (в относительных величинах) при переходе экипажа;

C_0 – ущерб от простоя поста в ожидании требования на обслуживание;

C_j – часовая тарифная ставка рабочего j -ой квалификации с начислениями;
 C_n – накладные расходы;
 K – коэффициент, учитывающий издержки, связанные с восстановлением поста (в долях от стоимости работы поста).

Таким образом, целевая функция (2) дает возможность оптимизировать уровень резерва и состав ремонтной службы по экономическому критерию.

Расчеты, выполненные при различных кратностях обезличенного резервирования (отношении количества резервных машин к основным), различной приведенной плотности потока отказов и однопостовой системе ремонта позволили установить следующее.

Эффективность резервирования зависит от оперативности устранения отказов и уровня безотказности машин, характеризуемых приведенной плотностью потока отказов. Чем выше показатель ρ , тем тем больше эффект от полнокомплектного резервирования. Если при $\rho = 0,15$ отношение максимального коэффициента эксплуатационной надежности при резервировании к его значению без резерва составляет 1,070, то при $\rho = 0,10$ оно уменьшается до 1,027, а при $\rho = 0,05$ – до 1,011.

С ростом приведенной плотности потока отказов увеличивается кратность резервирования для достижения максимума эффекта. При $\rho = 0,15$ максимум эксплуатационной надежности соответствует кратности резервирования 5/7, а при $\rho = 0,05$ – 1/11.

Резюмируя вышеизложенное можно предложить следующие принципы формирования резерва полнокомплектных машин для обеспечения эксплуатационной надежности технологических комплексов.

В зависимости от парка машин технологического комплекса и формы его использования выбираются оптимальные: величина резерва, количество постов и рабочих на них.

Мобильный пост полевого ремонта оснащается передвижной ремонтной мастерской [4] с комплектом необходимого оборудования, сварочным агрегатом, набором специальных приспособлений и инструмента.

При отказах комбайнов продолжительностью до 1 ч они восстанавливаются без замены на резервный. В случае выхода из строя комбайна более чем на один час экипаж переходит на резервный, а основной восстанавливается на посту полевого ремонта. Если отказ в полевых условиях устранить не представляется возможным комбайн транспортируется в ремонтную мастерскую.

Список использованных источников

1. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. оптимизация полнокомплектного резерва машин для обеспечения эксплуатационной надежности технических систем. Изобретатель №1 (237), 2020. Международный научно-практический журнал. – Минск, 2020. С. 14–23.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

3. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. Исследование и анализ потоков восстановлений работоспособности технических систем. – Изобретатель №8–9 (224–225), 2018. – С. 37–41.

4. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Миленский В.С. и др. Применение передвижных ремонтных мастерских на базе автомобилей для оперативного устранения отказов машин. Изобретатель №1 (157). – Минск, 2013. С. 43–45.

УДК 631.3.004.67

АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: ВОДИТЕЛЬ–АВТОМОБИЛЬ–ДОРОГА–ВНЕШНЯЯ СРЕДА

*Студенты – Домрачев Г.В., 37 тс, 4 курс, ФТС;
Круглый П.С., 38 тс, 3 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Круглый П.Е., к.т.н., доцент;
Мисун А.Л., ассистент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Выполнен анализ эргономической системы: водитель – автомобиль – дорога – внешняя среда. Необходимы дальнейшие исследования по определению типажа и структуры автомобильного парка хозяйств на основе анализа объема и структуры грузоперевозок в напряженный период, расстояний перевозок и нормативов выработки в конкретных условиях.

Ключевые слова: водитель, автомобиль, дорога, внешняя среда, эргономическая система.

Автомобильный транспорт – динамичная система: подвижной состав – люди – дорога – внешняя среда, состоящая из большого числа зависимых и независимых (локальных) подсистем, действующих постоянно [1,2].

Основным звеном в рассматриваемой системе является водитель. С усложнением основных звеньев системы и взаимосвязей между ними роль водителя возрастает. Поэтому в последнее время большое внимание уделяется исследованиям психофизиологических качеств водителей.

Установлено, что определение только количества включений и выключений передач и педалей, характеризующее нагруженность отдельных систем автомобиля, не отражает действительную усталость водителя. Для определения усталости необходимо учесть и соответствующее нервное напряжение водителя. Для нормальной работы водителя необходимо обеспечить оптимальное нервное напряжение, которое косвенно измеряется частотой пульса и кожно-гальванической реакцией в мВ. Оптимальный уровень психофизиологического напряжения водителей