

// Вестник ВСГУТУ. – 2022. – № 3(86). – С. 56–62. – DOI 10.53980/24131997_2022_3_56. – EDN OSHUNZ.

6. Информационный бюллетень Министерства сельского хозяйства Иркутской области «Агрофакт» № 1 Октябрь 2024. – 48 с.

7. Аносова, А. И. Совершенствование технического сервиса машин в АПК на основе оценки и анализа технологического уровня ремонтных предприятий / А. И. Аносова, М. К. Бураев // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 10. – С. 65–68.

8. Катаев Ю.В. Повышение эффективности дилерских предприятий на основе управления качеством услуг / Ю.В. Катаев, Е.Ф. Малыха // Наука без границ. – 2018. – №5 (22). – С. 73–78.

Summary. In the Irkutsk region, the creation and operation of technical service enterprises for agricultural machinery remains problematic. To solve this problem, it is necessary to increase the level of technological preparation of production, ensuring the requirements of high availability and reliability of repair equipment. Workshops, maintenance points should be reconstructed and equipped with equipment and other means of repair and maintenance in accordance with modern requirements for the procedure and quality of repair and maintenance of machines. The weak elaboration of most issues of the organization and technology of repair and service maintenance is the reason for the aging of technological equipment and an increase in costs and the share of repair impacts during the life cycle of machines. These issues, requiring their solution, negatively affects the results of the activities of rural producers in the region and testifies to the relevance and demand for solving the tasks.

УДК 62-192(07)

Круглый П.Е., кандидат технических наук, доцент;

Василевский П.Н., старший преподаватель;

Шукан М.М., аспирант

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЗЕРВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. Приведена методика оптимизации резерва запасных частей при организации технического сервиса сельскохозяйственной техники. Изложены результаты оптимизации резерва запасных частей необходимых для обеспечения работоспособности высокопроизводительных кормоуборочных комплексов.

Abstract. A methodology for optimizing the spare parts reserve during the organization of technical service for agricultural machinery is presented. The results of optimizing the spare parts reserve necessary to ensure the operability of high-performance forage harvesting complexes are described.

Ключевые слова. Оптимизация, работоспособность, запасные части, технический сервис.

Keywords. Optimization, operability, spare parts, technical service.

Специфика запасных частей как товара требует прогнозирования спроса по каждому наименованию для определения сроков и объема завоза запасов на склад, обеспечивающего выполнение заказа в любой период года или сезона для поддержания работоспособности сельскохозяйственной техники. Для прогнозирования спроса используют математические методы. Прогнозирование спроса включает определение величины спроса в период между двумя поставками и оценку запасов и распределения спроса в этот период. Частота прогнозирования зависит от статистики спроса.

Пополнение запасов – важнейший элемент системы управления, обеспечивающий своевременную ликвидацию дефицита или заговаривания. Формирование и контроль запасов заключаются в определении объема запасов и в разработке условий, обеспечивающих поддержание запасов на необходимом уровне. Критерием оптимизации запасов как правило является минимум расходов на их пополнение и хранение.

Система управления запасами должна включать удобный способ учета поступления и расхода запасных частей, применение математических методов управления запасами.

Планирование поставок запасных частей подразделяется на перспективное, ориентировочное, основное и оперативное. Перспективное планирование проводится на срок не более двух-трех лет. Ориентировочное – на предстоящие 12...15 месяцев с разбивкой на кварталы. Основное планирование – квартальное. Оно ведется с учетом заявок на детали, поставляемые в каждом месяце квартала. При этом конкретно указываются запасные части, которые полагается получить в первом месяце. Оставшаяся часть заказов служит в качестве прогноза потребностей и уточняется дополнительно за две-три недели до начала следующего месяца.

Оперативные планы составляются производителями запасных частей на предстоящий месяц с 15 по 30 число на основе уточненных заявок. На запасные части машин, снятых с производства, заявки принимаются за полгода до исполнения.

Для более эффективного снабжения и снижения расходов на содержание всей номенклатуры запасных частей на складе их подразделяют на три группы: А, В и С. В группу А входят от 5 до 15% наименований деталей, продажа которых составляет 60...70% стоимости, в группу В соответственно 25...30 и 20...25%, в группу С – 55...70 и 5...20%. Запасные части двух последних групп хранятся на центральных складах

фирмы-производителя, а первой группы – на складах регионального или районного уровня.

Предприятие, производящее сельскохозяйственную технику, прежде чем выпустить свою продукцию на рынок создает сеть дилерских технических центров и складов запасных частей. Только тогда оно получает право на заключение торговых сделок в пределах данной территории или района. Высокий уровень технического сервиса гарантируется компьютеризированной системой управления, которая обеспечивает эффективную работу.

При расчете величины и номенклатуры резерва запасных частей применима теория массового обслуживания [1-7].

Система обеспечения сельскохозяйственной техники резервными запасными частями может рассматриваться как система массового обслуживания с ограниченным входящим потоком требований с ожиданием. В данном случае обслуживающие аппараты – резервные запасные части (к примеру, запасные агрегаты). Каждый агрегат обслуживает одновременно одно требование. Если в момент поступления в систему требования (отказавшей машины) имеется хоть один запасной агрегат, немедленно начинается обслуживание. Оно продолжается до тех пор, пока на склад вместо выданного исправного агрегата не поступит новый или отремонтированный. Таким образом, под временем обслуживания здесь понимается время оборота агрегата (время от момента выдачи агрегата со склада до момента поступления вместо него нового или отремонтированного). Это время распределено экспоненциально. Поток требований поступающих в систему есть поток отказов i -ых агрегатов, требующих их замены, с параметром λ_i . Он близок к простейшему [2, 3, 4].

Уравнения стационарного состояния в этом случае:

$$\begin{aligned}
 & -\lambda m P_0 + \nu P_1 = 0 \\
 & (m-k+1)\lambda P_{k-1} - [(m-k)\lambda + k\nu]P_k + (k+1)\nu P_{k+1} = 0 \\
 & \qquad \qquad \qquad (0 < k < n) \\
 & (m-k+1)\lambda P_{k-1} - [m-k)\lambda + n\nu]P_k + n\nu P_{k+1} = 0 \\
 & \qquad \qquad \qquad (n \leq k < m) \\
 & \lambda P_{m-1} - n\nu P_m = 0.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Вероятность работы k резервных агрегатов при условии, что число отказавших основных агрегатов меньше резерва

$$P_k = \frac{m! \alpha^k}{k!(m-k)!} P_0, \tag{2}$$

$$(1 \leq k \leq n)$$

а вероятность того, что требуют замены k отказавших основных агрегатов, когда их количество больше числа резервных,

$$P_k = \frac{m! \alpha^k}{n! n^{k-n} (m-k)!} P_0, \quad (3)$$

$$(n < k \leq m),$$

где $\alpha = \frac{\lambda_i}{v_i}$, $v_i = \frac{1}{t_{io}}$, t_{io} – время от момента выдачи i -го агрегата со склада до момента поступления вместо него нового или отремонтированного.

Для определения вероятности P_0 (вероятность того, что все резервные агрегаты находятся на складе) воспользуемся условием

$$\sum_{k=0}^m P_k = 1 \quad (4)$$

Тогда

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n! n^{k-n} (m-k)!} \right]^{-1} \quad (5)$$

Среднее число отказавших машин, ожидающих замены составных частей при их отсутствии; среднее количество составных частей на складе; коэффициент простоя машины из-за отсутствия резервных составных частей; коэффициент простоя резервной составной части определяются по зависимостям, приведенным в [5].

Учитывая вышесказанное, функционал оптимизации резерва составных частей, с учетом ущерба от простоя машин из-за отсутствия запасных частей, а также издержек от хранения запаса, отнесенных к одной машине, имеет вид

$$\gamma_a(m, n) = \frac{C_m(1 + y_0) \frac{(m-1)!}{n!} \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n_1) \alpha^k}{n^{k-n} (n-k)!} + C_a \sum_{k=0}^n \frac{(n-k)(m-1)! \alpha^k}{k! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}, \quad (6)$$

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;

m – парк машин;

n – количество запасных составных частей;

λ_i – параметр потока отказов, требующей замены i -ой составной части;

t_{io} – время оборота i -ой составной части;

C_a – стоимость хранения одной составной части на складе, отнесенная к одному часу работы машины.

Результаты оптимизации резерва запасных частей проиллюстрированы на примере высокопроизводительных кормоуборочных комплексов КВК-800 «Полесье-800».

Для восстановления отказавших машин кормоуборочных комплексов и сокращения времени их простоя в ремонте создается поэлементный резерв (резерв составных частей: агрегатов, деталей). Величину этого резерва можно определить или в результате минимизации удельных затрат от простоя машин и издержек хранения запаса (зависимость 6) или с учетом того, чтобы вероятность простоя машин из-за отсутствия резервных составных частей была не более некоторой величины [5].

Оптимизация количества резерва запасных частей комплексов высокопроизводительных кормоуборочных КВК-800 «Полесье-800» для дилерского центра выполнена по зависимости (6).

Результаты оптимизации резерва запасных частей, необходимых для обеспечения работоспособности комплексов высокопроизводительных кормоуборочных КВК-800, показали, что на 100 комплексов «Полесье-800» необходимо иметь на складе дилерского технического центра по 4 редуктора верхних и нижних валцов, 2 аппарата измельчающие, 2400 ножей барабана, 4 ускорителя выброса, 5 валов ускорителя выброса, 2 силосопровода, 2 основания силосопровода, 2 устройства доизмельчающие, 10 главных приводов, 6 переключателей длин резки, по 2 редуктора бортовые правые и левые, 120 брусков противорежущих, 5 двигателей Д-280-1S-01, другие запасные части.

Необходимо отметить, что отношение оптимального резерва запасных частей к величине парка комплексов «Полесье-800» с увеличением последнего уменьшается.

Таким образом, изложенная модель позволяет оптимизировать резерв запасных частей (агрегатов и узлов) при организации технического сервиса сельскохозяйственных машин.

Функционал оптимизации резерва запасных частей получен с учетом ущерба от простоя машин, сопряженных средств механизации, работающего на них персонала и издержек от хранения запаса.

Установлено количество запасных частей на 100 комплексов «Полесье-800», которое необходимо иметь на складе дилерского технического центра.

Определено, что отношение оптимального резерва запасных частей к величине парка комплексов «Полесье-800» с увеличением последнего уменьшается.

Список использованной литературы

1. Тарасенко, В.Е. Надежность технических систем и техногенный риск / В. Е. Тарасенко, А. Л. Мисун, А. А. Жешко А.А. [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2023. – 72 с.

2. Круглый П. Е. Исследование и анализ потоков восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов при организации технического сервиса. / П. Е. Круглый, П. Н. Василевский, М.М. Шукан, П.С. Круглый // Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК: материалы Международной науч.-практ. конфер. (Минск 5-6 июня 2024 г.). – Минск: БГАТУ, 2024. С. 43–49.

3. Круглый П. Е., Кашко В. М., Мисун А. Л. и др. Исследование и анализ ремонтпригодности кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса. В сб. Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной науч.-практ. конфер. (Минск, 24-25 октября 2019 г.). – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 111–113.

4. Ивашко, В. С. Круглый, П. Е. Кашко. В. М. и др. Исследование и анализ потоков требований на обслуживание технических систем. – Изобретатель № 9 (213), 2017. – С. 33–37.

5. Ивашко, В. С. Миленский, В. С. Круглый, П. Е. и др. Оптимизация резерва запасных частей для обеспечения работоспособности автомобилей. – Изобретатель № 4 (160), 2013. – С. 44–47.

6. Юдин. М. И. Техника применения математического аппарата теории вероятностей в надежности машин / М. И. Юдин, И. В. Карасев, Р. А. Титов и др. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2006. – 255 с.

7. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

Summary. The proposed model enables the optimization of the spare parts inventory (components and assemblies) for organizing technical service of agricultural machinery. The optimization function for the spare parts reserve was derived by considering the losses from machine downtime, associated mechanization equipment, operating personnel, and the costs of maintaining the inventory. The required number of spare parts per 100 «Polesie-800» complexes to be kept in the warehouse of a dealer's technical center was determined. It was found that the ratio of the optimal spare parts reserve to the size of the «Polesie-800» complex fleet decreases as the latter increases.

УДК 621.432. 631

Тарасенко В.Е., кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК CRIN2 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ГИБКОЙ СТРУКТУРОЙ

Аннотация. Представлены этапы вибрационного диагностирования топливных форсунок поколения CRIN2 с использованием многоканальной измерительной системы с гибкой структурой и специализированного диагностического стенда. Результаты позволяют контролировать состояние узлов топливной аппаратуры дизельных двигателей. Разработанный подход