2) Мембранный Биологический Реактор (МБР), включающего систему аэрации и погружную мембранную установку HUBER (МСВ). Система аэрации, состоящая из прочных мембранных трубчатых аэраторов, снабжает микроорганизмы кислородом. Микроорганизмы поглощают и расщепляют органические соединения и тем самым очищают воду. Аэрация способствует перемешиванию воды в секции и ускорению процесса очистки. Ило-водяная смесь непрерывно разделяется на ультрафильтрационной мембране HUBER МСВ. С помощью насоса для откачки фильтрата биологически очищенные сточные воды прокачиваются через мембраны ультрафильтрации, выступающие при этом в качестве фильтра. Благодаря малому диаметру пор в мембране (38 нм), на ней остаются все взвешенные вещества, бактерии и большинство вирусов. Одновременно система аэрации служит для непрерывного очищения поверхности мембран и препятствует осаждению ила на поверхности мембран, а также засорению и биологическому обрастанию мембран.

3) Сборного резервуара для очищенных серых стоков, из которого стоки направляются для повторного использования: для смывов в туалетах. Черные фекальные стоки (туалет) отводятся отдельно от серых в общий канализационный коллектор. Система предназначена для установки в отапливаемом техническом подполье. Результаты проведенных экспериментов показали, что использование системы HUBER позволяет снизить фактическое водопотребление на величину до 40-50 %. Для оборотного водоснабжения устанавливаются специальные резервуары объемами 4,8; 12 и 15 кубов.

Таким образом, при рассмотрении интегрированной стратегии управления водными ресурсами преимущества повторного использования сточной воды всегда должны оцениваться как с точки зрения возможностей увеличения водных ресурсов региона, так и минимизации образования сточных вод.

1. Орлов Е.В. Экологические и ресурсосберегающие решения при строительстве систем внутреннего водопровода, канализации и мусороудаления в жилых домах эконом-класса // Экология урбанизированных территорий. – 2013. - № 3 – С. 74-79.
2. СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 “Зеленое строительство”. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания».
3. Наумов А.Л., Бродач М.М. Ресурсосбережение в системах водоснабжения и водоотведения // Сантехника. – 2012. - № 1 - С. 14-20.
4. Свинцов А.П. Устранение потерь воды в системах водоснабжения жилых зданий. — М.: Изд-во РУДН, 2001. — 139 с.
5. Мембранный биологический реактор HUBER BioMem [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://www.indutek.ru/catalog_list.html?itemid=76.

Королев А.Е.

Анализ работоспособности зерноуборочных комбайнов

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья
(Россия, Тюмень)*

doi: 10.18411/lj-11-2020-70

idsp: ljjournal-11-2020-70

Аннотация

В статье анализируется работоспособность зерноуборочных комбайнов, которая в значительной мере определяет эффективность производства продукции растениеводства. Жизнедеятельность технического объекта может быть представлена множеством внутренних характеристик, условий их применения, допустимых стратегий и результатов функционирования объекта. Производительность уборочных машин зависит не только от их технических характеристик, но и от уровня надёжности. Для управления надёжностью объектов необходимы обоснованные математические

модели процессов. Проведён сбор информации по безотказности 10 комбайнов New Holland TX-63. Рассматривается количество периодов работы и ремонта объектов исследования. Представлено теоретическое обоснование оценки функционирования технической системы. Установлены закономерности изучаемых процессов. Определена вероятностная функция продолжительности устранения отказов. Дана оценка степени работоспособности комбайнов, даны рекомендации по повышению степени их технической готовности.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, эксплуатационные наблюдения, наработка на отказ и время устранения неисправностей, функция состояния объекта, вероятность простоя

Abstract

In article the operability of combine harvesters is analyzed, which largely determines the efficiency of manufacturing the production of crop production.

Vital activity of a technical object can be presented by a set of internal characteristics, conditions of their application, admissible strategies and results of functioning of an object. The performance of harvesting machines depends not only on their technical characteristics, but also on the level of reliability. For management the reliability of objects, justified mathematical models of processes are necessary. Information was collected on the reliability of 10 New Holland TX-63 combines. The amount of the periods of work and repair of objects of a research is considered. Theoretical justification of assessment of functioning of a technical system is presented. Consistent patterns of the studied processes are determined. Probabilistic function of duration of elimination of refusals is defined. An assessment of degree of operability of combines is given; recommendations are given to increase the degree of their technical readiness.

Keywords: combine harvester, exploitative observations, time between failures and time of malfunctions, object state function, downtime probability

В сельском хозяйстве большинство работ выполняются в ограниченные сроки, поэтому используемая техника в этот период должна иметь постоянную высокую работоспособность. Зерноуборочные комбайны используются на завершающем этапе производственного процесса и простои их из-за неисправностей приводят к качественным и количественным потерям урожая [1]. Следовательно, эффективность применения комбайнов зависит не только от их технических характеристик, но и от уровня эксплуатационной безотказности [2]. Теория надёжности позволяет изучить функционирование технической системы на всех этапах жизненного цикла [3]. На базе этих знаний, реализуя соответствующие организационно-технологические мероприятия, можно обеспечить практически полную техническую готовность комбайнов на весь период уборочной страды [4].

Функционирование любой технической системы предполагает постоянную смену альтернативных интервалов работоспособного состояния с функцией распределения $f(t)$ и неработоспособного состояния с функцией $q(t)$. Обозначим: τ - среднюю наработку на отказ, v - среднее время восстановления, следовательно, объект может находиться в двух состояниях: w - работа и f - ремонт. Отказы создают соответственно расширенный процесс восстановления, а среднее количество отказов r в интервале $(t, t + dt)$ пропорционально числу объектов наблюдения N и наработке dt : $r = N \cdot \frac{dt}{\tau(t)}$. Отсюда количественные характеристики надёжности согласно теории восстановления имеют вид:

$$\begin{aligned} \text{работа-ремонт: } m_{wf}(t) &= \frac{t+\tau}{\tau+v} + \frac{D}{2(\tau+v)^2}, \\ \text{ремонт-работа: } m_{fw}(t) &= \frac{t+v}{\tau+v} + \frac{D}{2(\tau+v)^2}, \end{aligned}$$

где D - дисперсия распределения независимых функций $f(\tau)$ и $f(v)$.

Сбор информации по отказам 10 комбайнов New Holland TX-63 проводился в течение одного сезона. Показатели безотказности определялись по нормативной методике, а их закономерности регрессионным анализом.

На основе обработки исходной информации были выявлены следующие аппроксимирующие зависимости: $\tau = 45,1 \cdot e^{0,002 \cdot t}$, $v = 3,2 \cdot e^{-0,005 \cdot t}$, которые приведены на рис. 1.

Рис. 1. Изменение средней наработки на отказ (1) и среднего времени простоя (2) комбайнов New Holland TX-63

Наработка на отказ постоянно возрастает, а время простоя сокращается. Это связано не только с уменьшением количества, но и сложности отказов. Используя эти данные, получаем характеристику технического состояния объектов наблюдения (рис. 2).

Рис. 2. Изменение количества периодов 1 - исправности и 2 - неисправности комбайнов New Holland TX-63

В связи с уменьшением количества и продолжительности отказов уровень работоспособности комбайнов постоянно возрастает. Число периодов исправности превышает только в 1,3 раза периоды неисправности, но если учитывать продолжительность этих периодов, то в рабочем состоянии комбайны находятся 97,5% времени, а в состоянии ремонта - 2,5%.

Применение центральной предельной теоремы для многомерных случайных величин позволяет оценить вероятность нахождения объекта в процессе восстановления работоспособности. В общем случае функция имеет следующий вид:

$$\Phi_0(Z) = \lim_{n \rightarrow \infty} P \left[\frac{Z_i - M(Z_i)}{\sigma(Z_i)} \right],$$

где $\Phi_0(Z)$ - функция нормированного нормального распределения;

Z_i - значения многомерной случайной величины;

$M(Z_i)$, $\sigma(Z_i)$ - математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение случайной величины $Z_i(X_i)$.

В данном случае имеем двумерное распределение: время простоя комбайнов (T) является функцией продолжительности их использования (t) и наработки на отказ (τ). Математическое ожидание и дисперсия случайной непрерывной величины определяется по формулам: $M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) \cdot dx$,

$D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} [x - M(X)]^2 \cdot f(x) \cdot dx$, где $f(x)$ - плотность распределения x . Для рассматриваемого распределения получены выражения: $f_v(t) = 0,32 \cdot e^{-0,005 \cdot t}$, $f_v(\tau) = 1,54 \cdot e^{-0,036 \cdot \tau}$. Принимаем период наблюдения постоянным ($t = 300$ часов), тогда получаем итоговую целевую функцию:

$$\Phi_0(Z) = \lim_{n \rightarrow \infty} P \left\{ \frac{T_i - t \cdot M(v) / [M(\tau) + M(v)]}{\sqrt{[M(v)^2 \cdot D(\tau) + M(\tau)^2 \cdot D(v)] \cdot t / [M(\tau) + M(v)]^2}} \right\},$$

где T_i - продолжительность устранения отказа.

Реализация представленной методики показана на рис. 3.

Рис. 3. Вероятностная продолжительность простоя комбайнов New Holland TX-63

Отсюда, например, следует, что комбайн будет неисправен в течение 2 часов с вероятностью 70% и только 4% более 4,5 часов при наработке 300 часов. Ранее проведенными исследованиями [5] определены аналогичные характеристики безотказности комбайнов Дон-1500Б. Сравнивая полученные результаты можно отметить, что у импортных комбайнов средняя наработка на отказ в 1,2 раза больше, а среднее время простоя и среднее число отказов также в 1,2 раза меньше, чем у отечественных. Исходя из установленных закономерностей, следует рекомендовать большее внимание обращать на проверку и испытание систем и механизмов при снятии техники с хранения.

1. Павлюк Р.В. Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов / Р.В. Павлюк, В.С. Пьянов, А.Т. Лебедев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2010. - № 1. - С. 18-19.
2. Дармаев Г. В. Основы экономической эффективности сельскохозяйственного производства / Г.В. Дармаев // ВестникКрасГАУ. - 2011. - №4. - С. 12-17.
3. Лазуков В.Л. Способы обеспечения надёжности технических систем / В.Л. Лазуков // Фундаментальные исследования. - 2009. - № 1. - С. 33-33.
4. Минаков И. А. Развитие сервиса сельскохозяйственной техники в регионе / И.А. Минаков, Р.В. Жариков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2007. - № 2. - С. 10-11.
5. Королев А.Е. Анализ вероятностного состояния технических объектов / А.Е. Королев // Синергия Наук. - 2019. - №33. - С. 970-975.