

«Сейфуллин оқулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.І, Ч.ІІ. - С. 64-68

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

*Ильгульдинова Т., магистрант I курса
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан*

Транспортно-технологическая машина (ТТМ) – это машина для выполнения функций транспортировки и технологии, например, промышленный или сельскохозяйственный трактор, погрузчик, электрокар и т.д.

Потребность агрегатов во многом зависит от степени старения машины и срока службы агрегатов. При долгом использовании машин снижается ресурс деталей сборочных единиц и агрегатов, а значит, машины потребляют в больших количествах средства, вызванные проведением текущих обслуживаний (ТО), текущих ремонтов (ТР) и аварийных ремонтов (АР), производством запасных частей, увеличением числа агрегатов оборотного фонда.

Коэффициент готовности K_r – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается; комплексный показатель надежности [1]. Коэффициент готовности представляет собой соотношение

$$K_r = t_p / (t_p + t_e), \quad (1)$$

где t_p – время работы (или наработка) до отказа;

t_e – время ликвидации отказа.

Коэффициент готовности для ТТМ представляет собой соотношение

$$K_e = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N \sum_{q=1}^m t_{p_{ijq}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N \sum_{q=1}^m t_{p_{ijq}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N \sum_{q=1}^m t_{e_{ijq}}},$$

где $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N \sum_{q=1}^m t_{p_{ijq}}$ и $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N \sum_{q=1}^m t_{e_{ijq}}$ – суммарное время, соответственно работы и восстановления i -й машины в j -м межремонтном периоде (МРП) q -го ремонтного цикла (РЦ);;

n – количество машин;

m – число МРП в каждом РЦ.

Параметр потока отказов (ППО) есть отношение числа отказавших изделий в единицу времени к числу испытываемых изделий при условии, что все вышедшие из строя изделия заменяются исправными (новыми или отремонтированными) [2].

Согласно определению,

$$\Lambda(R) = n(\Delta t) / (N_{об} \cdot \Delta t),$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших образцов в интервале времени от $(t - \Delta t/2)$ до $(t + \Delta t/2)$;

$N_{об}$ – число испытываемых образцов;

Δt – интервал времени.

На основании статистического материала, полученного из ежесменных рапортов и агрегатных журналов, произведено исследование потока отказов для двигателей автосамосвалов TORO-40D, эксплуатирующихся на разных промышленных объектах.

По полученному статистическому ряду строится полигон распределения количества отказов в течение временного интервала Δt .

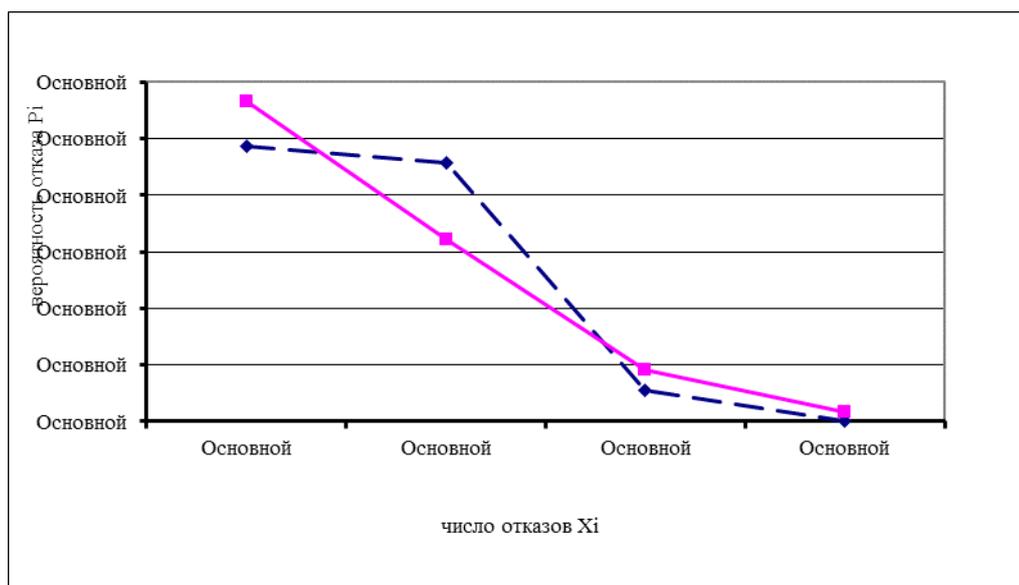
Рассмотрим исследование потока отказов дизельного двигателя автосамосвала TORO-40D по АТП № 1. Общее время работы двигателя за рассматриваемый период составило 5400 маш.ч. За это время зарегистрировано 41 отказов, которые вызвали простои машины в течение 600 часов сменного времени. Основываясь на теории выборок, были

выполнены расчеты для нахождения распределения потока отказов для всех двигателей по кварталам.

По полученным данным построен график распределения вероятности отказов двигателей автосамосвалов TORO-40D (рисунок 1), на котором сплошной линией показано распределение вероятностей, полученное из уравнения Пуассона, а штриховой – по статистическому ряду.

На основе полученных теоретических кривых изменения параметра отказов в зависимости от продолжительности эксплуатации, выяснилось, что опасность отказа монотонно возрастает в процессе эксплуатации, то есть в III и IV кварталах вероятность возникновения одновременно двух, трех и более отказов высокая в сравнении с I и II кварталами.

Для выявления числа отказов основных агрегатов подземных автосамосвалов TORO-40D и погрузочно-доставочных машин (ПДМ) TORO-501DL и CAT-980 был собран статистический материал, полученный из журналов поступления агрегатов в ремонт на авторемонтный завод.



P_i – вероятность возникновения одновременно 1,2,3,..., X числа отказов

Рисунок 1 - Распределение вероятности отказов двигателей TORO-40D за год

Исследуемый суммарный интервал составил 1 год. Сравнительная оценка отказов основных агрегатов автосамосвалов TORO-40D и ПДМ TORO-501DL, CAT-980 приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная оценка отказов основных агрегатов

Агрегат	Автосамосвал TORO-40D		ПДМ TORO-501DL		ПДМ САТ-980	
	Число отказов	Соотношение к общему числу отказов, %	Число отказов	Соотношение к общему числу отказов, %	Число отказов	Соотношение к общему числу отказов, %
Двигатель	107	39,78	25	35,21	60	32,26
Гидротрансформатор	40	14,87	11	15,5	30	16,13
Коробка передач	46	17,1	13	18,31	36	19,35
Колесный редуктор	32	11,9	10	14,08	26	13,98
Главный редуктор	44	16,35	12	16,9	34	18,28
	269	100	71	100	186	100

Из таблицы 1 видно, что наибольшее соотношение количества отказов к общему числу характерны для дизельных двигателей модели САТ-3408 (39,78 %) автосамосвалов TORO-40D.

Для определения основных параметров надежности был собран статистический материал по автосамосвалам TORO-40D с начала ввода их в эксплуатацию, учитывающий наработки в машино-часах (маш.-ч) до отказа или ТО, затрачиваемое время на проведение ТО и ликвидацию отказов, трудоемкость ТО и АР.

Для определения коэффициента готовности K_r агрегатов весь период работы машины с начала ввода в эксплуатацию до расчетного периода разбиваем на межремонтные периоды (МРП), при которых проводятся ТР. Продолжительность каждого МРП в 1-ом ремонтном цикле принимаем равным 1000 маш.-ч. В конце первого ремонтного цикла (РЦ) планируется провести капитальный ремонт (КР), а после второго РЦ – списать агрегаты.

Для каждого МРП были определены эмпирические кривые соответственно коэффициента готовности и параметра потока отказов. Агрегаты в зависимости от долговечности проходят три периода работы:

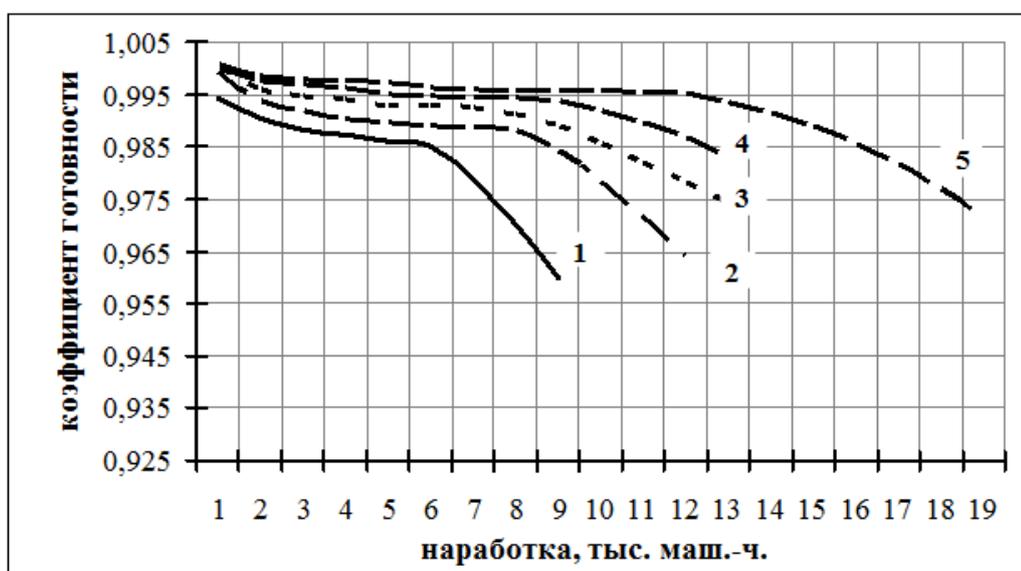
I – период приработки;

II – период стабильной работы;

III – период интенсивного старения.

Закономерности изменений коэффициента готовности и параметра потока отказов от суммарной наработки представляют собой функции времени соответственно $K_{ci} = f(\Sigma R_i)$ и $\Lambda_i(R) = f(\Sigma R_i)$. Эти зависимости изменяются по гиперболе в первом периоде, линейно – во втором периоде и по параболе в третьем периоде. Математические зависимости устанавливались с помощью метода наименьших квадратов.

Изменение коэффициента готовности и потока отказов в зависимости от суммарной наработки представлены графически на рисунках 2 и 3.



1 – двигатель, 2 – гидромеханическая коробка передач, 3 – гидротрансформатор, 4 – главный редуктор, 5 – колесный редуктор.

Рисунок 2 – Закономерности изменений коэффициента готовности агрегатов в зависимости от суммарной наработки



1-двигатель, 2 – гидромеханическая коробка передач, 3 – гидротрансформатор, 4 – главный редуктор, 5 – колесный редуктор.

Рисунок 3 – Закономерности изменений параметра потока отказов в зависимости от суммарной наработки

Как видно из графика, в период приработки для всех агрегатов кривая изменения коэффициента готовности убывает незначительно, а кривая интенсивности отказов возрастает, но не более 0,015, в период стабильной работы не изменяют своей величины, в третьем периоде, называемом периодом интенсивного старения (или износа), кривая изменения K_G убывает, а интенсивность отказов быстро возрастает и дальнейшая работа агрегатов является нерациональной, а иногда и опасной.

Работа машины в период приработки деталей сопровождается образованием значительного количества продуктов изнашивания, приводящего к быстрому загрязнению смазки. Кроме того, в начальный период эксплуатации машины выходит из строя относительно большое число деталей, в которых были допущены скрытые производственные дефекты, а также выявляются ошибки, допущенные при монтаже и сборке. По всем этим перечисленным причинам при приработке деталей агрегатов коэффициент готовности снижается, соответственно возрастает кривая интенсивности отказов. После окончания приработки деталей, начинается период нормальной работы машины, когда приработка полностью завершена,

скорость изнашивания понижается и остается относительно одинаковой в течение периода стабильной работы [3].

Поток отказов во втором периоде становится постоянным при условии обеспечения нормальной эксплуатации, соблюдения установленного режима работы, своевременного и качественного выполнения технического обслуживания и ремонтов.

После периода стабильной работы вследствие износа деталей и старения машины поток отказов резко возрастает.

Резкое убывание кривых K_T и возрастание интенсивности отказов в III-периоде двигателя и гидромеханической коробки передач свидетельствует о том, что эти агрегаты менее надежны и быстро выходят из строя.

Эксплуатация горных машин на пневмоколесном ходу осуществляется в тяжелых горно-технических условиях и связана с интенсивным износом агрегатов, что, в целом, приводит к потреблению в больших количествах средств, вызванному проведением текущих, аварийных и капитальных **ремонтов**, производством запасных частей, увеличением числа агрегатов оборотного фонда.

Поэтому для обеспечения эффективной эксплуатации самоходного оборудования с минимальными затратами на ремонт необходимо учитывать не только качество ремонта и условия эксплуатации, но и располагать характеристиками процессов старения, износа и внезапных отказов, учитывать не стационарность спроса, влияющие на номенклатуру и оптимальный размер оборотного фонда.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 27002-83. Надежность в технике. Термины и определения. -М.: Издательство стандартов, 22 с.
2. Сборник задач по теории надежности // Под ред. Половко А.М. и Маликова И.М. –М.: Советское радио, 1972, 408 с.
3. Shadrin, S.S., Ivanov, A.M. Testing Procedures and Certification of Highly Automated and Autonomous Road Vehicles: // Scopus.com. Moscow 2021, 534(1). URL: <https://www.scopus.com/authid/detail?authorId=56358489500>