

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ

Юдин М.И., д.т.н., профессор; **Тимов Р.А.**, инженер
Кубанский госагроуниверситет, г. Краснодар, Российская Федерация

Потребность в замене отказавших элементов является главным показателем, на основании которого рассчитывается большинство нормативов, используемых при планировании и управлении техническим состоянием парка. Показатель потребности в замене отказавших элементов непосредственно формирует нормативы потребности в трудовых ресурсах и производственных мощностях технического сервиса, а также норматив потребности денежных средств на запасные части и материалы, которые являются основной составляющей в структуре затрат на содержание машины в исправном состоянии.

Эта составляющая в денежном выражении, рассчитанная на единицу выполненной работы (удельные затраты), является критерием оптимизации при решении таких задач, как оптимизация системы ремонтно-обслуживающих воздействий, оптимизация сроков службы машин, оптимизация стратегии обновления парка машин и др.

Кафедрой «Ремонт машин» КубГАУ разработаны методики и комплекс компьютерных программ [2.6.7] для прогнозирования основных показателей функционирования парка машин при различных стратегиях его обновления. Главной базой для расчета прогнозируемых показателей является оценка потребности в замене элементов машин, учитывая возраст машины, годовую нагрузку и ряд других факторов производственного характера. Программы позволяют оценить потребности в замене:

- элемента любого отдельного наименования;
- всех элементов машины или произвольной их совокупности при любом возрасте машины;
- заданной совокупности элементов для парка машин заданного возрастного состава.

Потребность в замене элементов машины для каждого ее элемента полностью определяется характеристиками потока отказов этого элемента. Поток отказов при различном возрасте машины не остается постоянным. В теории надежности математически строго доказано, что изменение плотности потока отказов элемента в функции наработки машины описывается функцией и плотностью восстановления

$$H(t) = F(t) + \int_0^t H(t-\tau) dF(\tau) \quad (1)$$

$$h(t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t),$$

где t – наработка машины;

$H(t)$ – функция восстановления;

$F(t)$ – функция распределения ресурса элемента (функция распределения наработки на отказ);

$h(t)$ – плотность восстановления;

$f_n(t) = F_n'(t)$ – плотность распределения ресурса элемента (наработки на отказ).

Замена этих функций (аппроксимация любыми другими функциями) неизбежно приводит к погрешностям в оценке потока отказов. Эти погрешности особенно возрастают при прогнозировании потребности в запасных частях для старых машин, используемых вблизи или за пределами амортизационного срока службы.

Применительно к большинству машин, используемых в сельском хозяйстве, принятая в теории восстановления классическая постановка задачи о процессе восстановления требует некоторых уточнений. В частности, ресурс заменяющих элементов, как правило, меньше ресурса исходных (новых). В частности, в машинах некоторые элементы заменяются *профилактически* в моменты, когда их ресурс еще полностью не исчерпан. Кроме того, ресурс заменяющих элементов, как правило, меньше исходных (новых). В связи с этим авторами вводятся понятия коэффициента использования ресурса (КИР) и показателя восстановления ресурса (ПВР).

Первый из них представляет отношение наработки элемента на момент замены к предельной наработке (т.е., наработке, соответствующей предельному износу элемента), второй – отношение среднего межремонтного ресурса элемента к среднему доремонтному.

Эти обстоятельства не позволяют напрямую воспользоваться формулой (1). Наиболее целесообразным для построения кривой плотности восстановления в этой ситуации представляется использование метода Монте-Карло [4], который позволяет учесть любое число факторов, влияющих на процесс восстановления.

Авторами разработана имитационная модель процесса замен элементов машины, использующая этот метод [2]. Эта модель и программа позволяют построить зависимость плотности потока отказов отдельного элемента от наработки (или возраста) машины при известных параметрах закона распределения наработки элемента на отказ. Результаты вычислений справедливы для любых элементов любых технических систем, что позволяет составить универсальные таблицы плотности потока отказов в функции наработки или возраста машины с учетом значений КИР и ПВР для данного элемента. Использование этих таблиц обеспечивает возможность прогнозировать потребность в замене элемента для любого возраста машины.

Прогнозирование потребности *парка* однотипных машин в запасных частях требует отдельного расчета для каждой возрастной группы, поскольку поток отказов, как это следует из формулы (1), в различные периоды жизни машины меняется. Поэтому для корректного прогнозирования требуется знание возрастного состава парка на прогнозируемую дату.

Чтобы правильно оценить ожидаемый возрастной состав парка на прогнозируемую дату, требуется знание следующей информации:

- исходный возрастной состав парка на момент начала прогнозируемого периода и годовая нагрузка на парк;
- поступление новых машин по годам прогнозируемого периода;
- правила снятия с эксплуатации (списания) старых машин.

В качестве исходных данных в указанных программах используется следующая информация:

- зависимость плотности потока отказов от возраста машины для всех рассматриваемых элементов (формируется программой [2]);
- исходный возрастной состав парка в разрезе возрастных групп машин на начало прогнозируемого периода;
- график поставок новых машин по годам прогнозируемого периода (определяется принятой стратегией обновления парка);
- стратегия списания старых машин (срок службы до списания, ликвидационные потери и пр.);
- годовой объем работ, подлежащий выполнению машинами;
- ценовые показатели по трактору и запасным частям.

В качестве основных результатов *по каждому году* прогнозируемого периода выводится в виде отчетов FoxPro или файлов EXCEL (по желанию пользователя) следующая информация:

- выполняемый парком годовой объем тракторных работ;
- удельные (на 1000 мото-часов наработка) затраты на замену элементов машины (рисунок 1);
- состав парка в разрезе возрастных групп машин (рисунок 2);
- потребность в запасных частях для заданной номенклатуры (рисунок 3);
- динамика изменения среднего возраста машин при различных стратегиях обновления парка.

Динамика удельных затрат на замену запчастей в зависимости от интенсивности поставок новых машин						
объект Двигатель Д-240						
Предельная годовая нагрузка на машину, тыс.м-ч			Предельный возраст машины, лет			25
Годовой объем работ по парку, тыс.м-ч			на начало прогнозируемого периода			506.38
			на конец прогнозируемого периода			506.38
Поставки новых машин			год	1	2	3
			год	4	5	
			колич.	36	36	36
			колич.	36	36	36
Год	Размер парка	Годовой объем работ, тыс.м-ч	Затраты на парк, тыс. руб./год	Удельные затраты, руб./мoto-час		
0	712	506.4	0	0.00		
1	678	506.4	9 980	19.71		
2	657	506.4	9 450	18.66		
3	643	506.4	9 072	17.92		
4	632	506.4	8 834	17.45		
5	624	506.4	8 698	17.18		

Рисунок 1 – Фрагмент отчета по прогнозированию удельных затрат (в ценах 2005 года)

Динамика возрастного состава парка в зависимости от интенсивности обновления парка																				
объект Двигатель Д-240		Годовой объем работ по парку, тыс.м-ч 506.38																		
Предельная годовая нагрузка на машину, тыс.м-ч 1.68		Предельный возраст машины, лет 25																		
Поставки новых машин		год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		год	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
		Количество машин в возрастных группах																		
0	712	10	10	13	18	26	19	66	34	42	14	23	10	40	51	54	39	35		
1	678	36	10	10	13	18	26	19	66	34	42	14	23	10	40	51	54	39		
2	657	36	36	10	10	13	18	26	19	66	34	42	14	23	10	40	51	54		
3	643	36	36	36	10	10	13	18	26	19	66	34	42	14	23	10	40	51		
4	632	36	36	36	36	10	10	13	18	26	19	66	34	42	14	23	10	40		

Рисунок 2 – Фрагмент отчета по прогнозированию динамики возрастного состава парка

Обозначение	Наименование	Потребность на парк по годам прогнозирования					Всего за период
		1	2	3	4	5	
1 240Л-1003013сБ	Головка цилиндров	102	98	97	98	98	493
2 240-1004021	Поршень	770	757	748	745	745	3765
3 240-1005010	Вал коленчатый	99	89	83	80	78	429
4 240-1002001-ЗИ	Блок цилиндров	53	50	47	44	42	237
5 50-1002021-А2	Гильза цилиндров	1020	1017	1013	1012	1012	5074
6 240-1005115	Маховик	45	43	41	39	37	204
7 Д24.С20Б	Вал коленчатый ПД	150	147	147	147	147	739
8 240-1404020-А	Ротор с осью	86	78	74	71	71	380
9 11.1112010-02	Корпус форсунки ФД-2	369	335	310	291	282	1588

Рисунок 3 – Фрагмент отчета по прогнозированию потребности в запасных частях

Указанные методики и программы апробированы на примере парка тракторов типа МТЗ Ново-Кубанского района Краснодарского края при оценке различных стратегий обновления парка этих тракторов. На рисунках 1-3 представлены результаты расчетов по двигателю Д-240 для случая, когда ежегодные поставки новых машин составляют 5% от исходного количества машин в парке на начало прогнозируемого периода.

Описанные методики и программы могут быть эффективно использованы при решении следующих задач:

- планирование обеспечения парка машин запасными частями (планирование производства запасных частей);
- оптимизация перспективного состава машинно-тракторного парка хозяйства, района, области, региона;
- планирование финансового и ресурсного обеспечения работоспособности парка машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селиванов А.И. Основы теории старения машин.- Машиностроение, М.,1971, - 408 с.
2. Юдин М.И., Карасев И.В., Тимов Р.А., Захарченко А.П. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612682. Имитационная модель процесса замен отказалших элементов. - Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 2005, - с. 1.
3. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий: Учебник для вузов / М.И. Юдин, М.Н. Кузнецов, А.Т. Кузовлев и др. – Краснодар: Советская Кубань, 2007. – 968 с.: ил.
4. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. – М.: Наука, 1975. – 374 с.
5. Юдин М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов. – Краснодар: Издательство Кубанского ГАУ, 2004. – 240 с.
6. Юдин М.И., Карасев И.В., Тимов Р.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612658. Прогнозирование возрастного состава парка и затрат на замену отказалших элементов. - Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005. – с. 1
7. Юдин М.И., Карасев И.В., Тимов Р.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612350. Расчет затрат на замену отказалших элементов машины. – Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005. – С. 1

Аннотация

Прогнозирование потребности в запасных частях

В статье изложена методика прогнозирования динамики важнейших показателей функционирования парка машин при различных стратегиях его обновления. Особое внимание уделено прогнозированию потребности отдельной машины и парка машин в замене отказавших элементов, включая период работы за пределами амортизационного срока службы. Методика базируется на использовании математического аппарата теории восстановления, метода Монте-Карло и теории планирования эксперимента.

Abstract

Forecasting of the demand for spare parts

The article states the methods of forecasting the dynamics of the most important indexes of performance of the park of machines under different strategies of its replacement. Special attention is paid to the forecasting of the demand of a certain machine and a park of machines for the replacement of failed parts, including the period of work out of service life. The methods are based on the usage of mathematical tool of renewal theory, Monte Karlo methods and theory of experiments planning.

УДК631.173

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕРВИСА ТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Барташевич Л.В., к.т.н., доцент; **Барташевич А.Л.**

*Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Наряду с освоением новых моделей энергонасыщенных тракторов, лесной, коммунальной, шахтной и других видов техники Минский тракторный завод ведет активную работу по развитию сервисной сети для осуществления оперативного технического обслуживания своей продукции в гарантийный и послегарантийный периоды.

Действующая сервисная сеть МТЗ в Республике Беларусь была сформирована в 1997 году и с тех пор она непрерывно развивается и совершенствуется. В настоящее время в РБ функционируют 18 технических центров, осуществляющих техническое сопровождение продукции МТЗ в 118-ти районах 6-ти областей, т.е. на всей территории республики. Технические центры являются самостоятельными коммерческими организациями и работают на основе заключенных с МТЗ договоров, которые регламентируют сервис как тракторов, выпускаемых уже длительный период времени, так и новых моделей («Беларус-2022/2522/2822/3022»), включая лесохозяйственные и коммунальные машины.

На сегодняшний день технические центры согласно требованиям и рекомендациям завода, оговоренным в договоре имеют: