

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ В АЛГОРИТМЕ РЕМОНТА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Мадьяр Б. Б.

Технологиялық жабдықтар мен техникалық қызмет көрсетудің және жөндеу өткізудің әдістері қарастырылған. Метал кесетін жабдық үшін жоспарлы-ескертілген қалпына келтірудің алты үлгілі қадырлардың және кемшіліктердің талдауы. Статистикалық пішіндеуді қолдануымен алдын алу, қалпына келтіру тәртіптің ықшамдау жалғау алгоритм бұл үлгілер іске асыру үшін.

The article describes six algorithm based models regarding the maintenance and repairs of metal cutting equipment. Each model is analyzed for strengths and weaknesses with respect to planned preventive restoration of the metal cutting equipment. Algorithms for the models are derived using statistical analysis to determine preventive restoration regime optimization.

В настоящее время все более актуальной становится задача рациональной организации на предприятиях работ по техническому обслуживанию и ремонту основного технологического оборудования с целью увеличения работоспособности и долговечности оборудования, уменьшения длительности его простоев и увеличения за счет этого производительности труда. Актуальность этой задачи обусловлена рядом причин: техническое обслуживание и ремонт должны выполняться быстро и эффективно, чтобы не было простоя оборудования, и качественно, чтобы не приходилось ремонтировать оборудование постоянно, а его качественные характеристики (работоспособность, надежность, долговечность) были на высоком уровне.

Для решения данной задачи на предприятиях организуют системы технического обслуживания и ремонта (СТОИР) технологического оборудования (ТО), которые обеспечивают необходимые виды работ (видами воздействия на изделие) в типовом жизненном цикле любого изделия, в том числе и металлообрабатывающего оборудования [1]. Для разработки рациональной системы СТОИР ТО должна быть выбрана та стратегия борьбы с возникающими или потенциальными отказами, которая может обеспечить требуемый уровень эксплуатационной технологичности технологического оборудования с наименьшими затратами времени и средств для восстановления его работоспособности.

Могут применяться две основные стратегии определения времени технического обслуживания и ремонта металлорежущего оборудования.

1. Станок работает до отказа или до установленного уровня потери работоспособности и технологической точности, после чего осуществляется его ремонт.
2. Станок работает в течение заранее назначенного периода, после чего осуществляется его ремонт, объем которого зависит от фактического состояния технологического оборудования, т.е. является случайной величиной.

Вторая стратегия проведения ремонтных работ наиболее характерна для машиностроительных предприятий и коренным образом отличается от первой стратегии.

Учеными и специалистами разработаны следующие варианты технического обслуживания и восстановления металлообрабатывающего оборудования [2]:

- планово-предупредительное восстановление;
- профилактическое восстановление с плановыми осмотрами;
- попутно-профилактическое восстановление. Планово-предупредительное восстановление (ППВ) для металлорежущего

оборудования получило наиболее широкое применение. Например, в настоящее время действует документ "Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий". Согласно данной системе планово-предупредительного ремонта (ППР) оборудование останавливается для ремонта принудительно по заранее составленному графику.

Принципиальную трудность в системе планово-предупредительного ремонта (ППР) представляет обоснованное назначение сроков ремонтов. Трудность в том, что из-за значительного разброса наработки между отказами вероятность преждевременного отказа, то есть до момента запланированного восстановления, как правило, не равна нулю [1]. Уменьшением периода планового восстановления эту вероятность можно уменьшить, но ценой недоиспользования ресурса оборудования.

В зависимости от того, вносится ли коррекция в график плановых восстановлений или нет, можно выделить несколько разновидностей системы планового восстановления (рис. 1):

Первая модель - жёсткий график восстановления объекта (рис. 1, а). При этом варианте после наработки t_n обязательно производится профилактическое восстановление объекта даже в том случае, когда в пределах прошлого планового периода уже было восстановление из-за отказа.

Данная система в организационном плане наиболее проста и удобна, если профилактически обслуживаются несколько элементов. В этом случае их обслуживание можно синхронизировать путём соответствующего выбора периодов профилактические работы для различных узлов оборудования или понимают моделирование процессов и систем с учётом фактора случайности [2] элементов инструментальной наладки и за счёт их совмещения уменьшить суммарные затраты на восстановление. Недостатком системы профилактики с жестким графиком является то, что внепланово восстановленные объекты подвергаются и плановому восстановлению, хотя они не выработали свой плановый ресурс t_n .

Этот вариант профилактического восстановления можно рекомендовать, в основном, для восстановления металлорежущего инструмента.

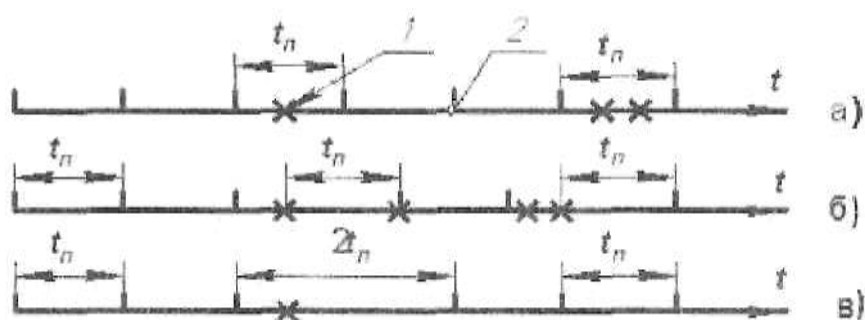


Рис. 1 - Иллюстрация 1,2,3 моделей профилактического восстановления оборудования

а - жесткий график профилактических восстановлений; **б** — график со сдвигом начала отсчета наработки при отказе; **в** — график с пропуском предстоящего планового восстановления при отказе; 1 — момент отказа и восстановления из-за отказа; 2 — момент профилактического восстановления, если отклонение критерия предельного состояния от нормативного значения превышает критическую величину критерия предельного состояния x_k ; t — наработка.

Интервалы времени восстановления условно не показаны. Крестиками на оси t обозначены моменты отказов, вертикальными рисками обозначены моменты плановых восстановлений.

Вторая модель - скользящий график, со сдвигом начала отсчёта периода профилактического восстановления при возникновении отказа (рис. 1, б). В этом случае, если произошёл отказ и восстановление из-за отказа, отсчёт наработки начинается с момента окончания восстановления, т.е. график нарушается при каждом отказе.

Достоинством этой модели является то, что узел подвергается принудительному восстановлению только после выработки планового ресурса t_n . Если узлов более одного, то сдвиг графика плановых восстановлений одного элемента относительно других из-за отказов приводит к неудобству, существенно возрастающему с ростом числа элементов. При обслуживании большого числа узлов невозможность синхронизации профилактических работ делает этот вариант регламентации обслуживания неэффективным.

Эту модель также можно использовать для одного из узлов оборудования, независимого от других.

Третья модель - график с пропуском профилактики при отказе (рис. 1, в). В этом случае, если произошел отказ, то проводится восстановление из-за отказа, а очередное плановое восстановление пропускается. Эта система восстановления является

компромиссной между предыдущими двумя вариантами. Здесь в основном сохраняется жесткий график, и элемент не восстанавливается принудительно раньше, чем после наработки t_n . Так как модель 3 лишена недостатков первых двух моделей, то применяется чаще.

Общим недостатком всех трёх рассмотренных разновидностей регламентации профилактического восстановления является то, что при проведении планового восстановления не учитывается фактическая степень изменения определяющего параметра оборудования (о нахождении значения критерия предельного состояния в границах допустимой области судят по косвенному показателю - величине наработки с момента последнего восстановления), что при большом разбросе надежности элементов приводит к недоиспользованию их ресурсов.

Четвёртая модель - график с плановыми осмотрами и восстановлением по потребности (рис. 2, а). Это вариант регламентации профилактического восстановления, при котором планируются только контрольные осмотры с периодичностью t_n , а профилактическое восстановление производится только, если значение определяющего параметра при осмотре окажется больше критической величины X_k оптимальное значение которой следует определить.

Интервалы времени восстановления условно не показаны. Крестиками на оси t_n обозначены моменты отказов, утолщенными вертикальными линиями обозначены моменты плановых восстановлений.

Учёт состояния оборудования при решении вопроса о необходимости принудительного восстановления позволяет увеличить используемый ресурс. Однако этот выигрыш достигается не даром, так как требуется периодически

выполнять контрольный осмотр и оценку состояния узлов, что требует дополнительных затрат.

Эта модель профилактического восстановления более дорогая, чем предыдущие три, но больше подходит для профилактического восстановления металлорежущего оборудования.

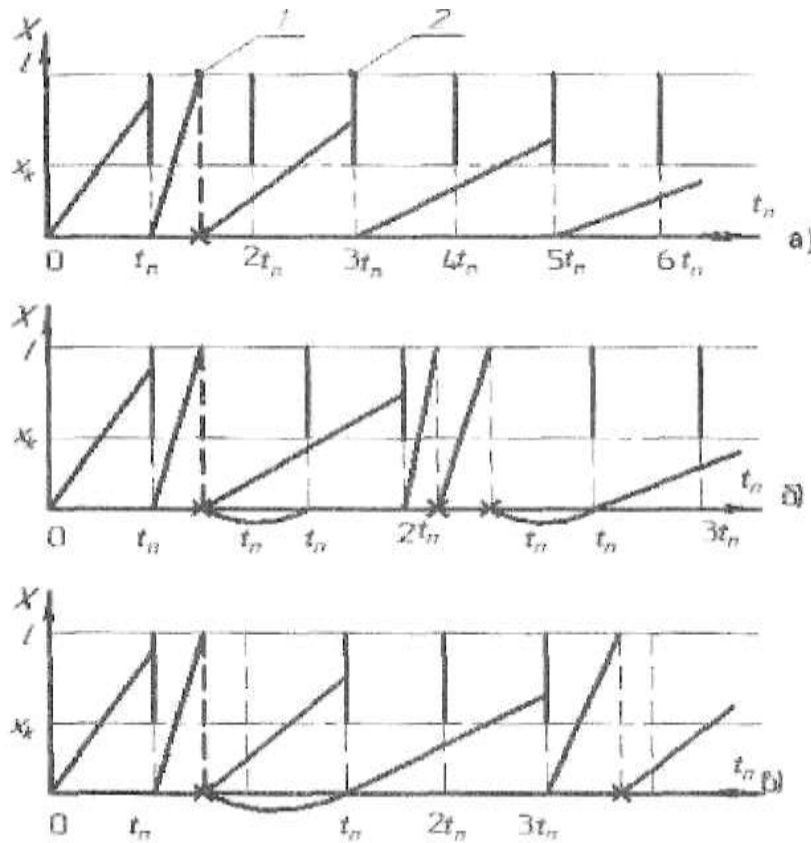


Рис. 2 - Иллюстрация 4,5,6 моделей профилактического восстановления оборудования

a - вариант 4; *б* - вариант 5; *в* - вариант 6; 1 - момент отказа и восстановления по отказу; 2 - момент профилактического восстановления, если отклонение критерия предельного состояния от нормативного значения превышает x_k ; t_n - наработка.

Пятая модель - скользящий график с плановыми осмотрами, со сдвигом начала отсчёта периода профилактического восстановления при возникновении отказа (рис. 2,б). При этой модели также планируются только осмотры с периодичностью t_n , а профилактическое восстановление производится только, если значение критерия предельного состояния при осмотре окажется больше критической величины; при возникновении отказа график осмотров сдвигается.

В этом случае максимально используется ресурс объекта, удельные затраты времени минимальны, но вариант не применим, если число восстанавливаемых объектов велико. Эту систему восстановления можно применить для восстановления металлорежущих станков.

Шестая модель - график с плановыми осмотрами и пропуском профилактики при отказе (рис. 2, б). Как и в предыдущих двух случаях планируются только осмотры с периодичностью t_n , а профилактическое восстановление производится только, если значение критерия предельного состояния при осмотре окажется больше критической величины; x_k , при возникновении отказа ближайший плановый осмотр пропускается.

Удельные затраты времени в этом случае будут чуть больше, чем при предыдущем варианте, но практически полностью вырабатывается ресурс узла и можно синхронизировать периоды профилактических восстановлений для различных узлов оборудования.

Пятая и шестая модели рекомендуются применять для организации профилактического восстановления металлорежущего оборудования.

С целью практической реализации данного подхода разработан алгоритм оптимизации режима профилактического восстановления металлорежущего оборудования с использованием статистического моделирования для шести моделей профилактики.

Суть предложенного алгоритма оптимизации режима профилактического восстановления металлорежущего оборудования заключается в следующем. Элемент (узел) металлорежущего оборудования характеризуется средней наработкой между отказами T , коэффициентом вариации K_v , верхней границей области допустимых значений критерия предельного состояния L и соответствующим законом распределения наработки между отказами с определёнными параметрами.

При выполнении статистического моделирования для структурного элемента генерируется случайная выборка наработок между отказами в заданных пределах по соответствующему закону распределения, например, Вейбулла - Гнеденко, и по зависимости $X(t) = V \cdot t$ (V - скорость изменения определяющего параметра, различная для различных элементов, t - наработка) определяется текущая реализация определяющего параметра данного структурного элемента оборудования [3]. Моделирование прекращается при достижении заданного числа восстановлений элемента станка.

Программа оптимизации режима профилактического восстановления работает по следующему алгоритму. В цикле определяются текущие значения периода профилактики / ,, и критической величины критерия предельного состояния x_k и моделируются различные ситуации: отказ,

профилактика и осмотр. После завершения очередной итерации определяется текущее значение критерия оптимальности.

В качестве критерия оптимальности варианта профилактического восстановления приняты объединенные удельные затраты времени Θ , т.е. затраты времени на восстановление объекта, приходящиеся в среднем на единицу наработки. Эти затраты зависят от параметров режима профилактического восстановления - периодов осмотров t_n и критической величины критерия предельного состояния X_k . При этом может быть несколько экстремумов.

Оптимальные значения этих параметров - t_n и x_k , минимизирующие объединенные удельные затраты Θ , определяются путем перебора в цикле различных значений t_n с принятым шагом. Далее в результате перебора всех вычисленных значений Θ выбирается меньшее из них и определяются отвечающие ему значения параметров режима профилактики.

После этого моделируются новые значения параметров, и цикл повторяется конечное число раз. В результате запоминается тот вариант, при котором затраты оказались наименьшими.

За время моделирования накапливаются следующие статистические данные: число отказов элемента станка N_o , число плановых восстановлений N_p , число контролей технического состояния N_k и др.

С помощью этих статистик определяются выходные параметры для каждого элемента металлорежущего оборудования: среднее число отказов и восстановлений по отказу за период профилактики t_n ; вероятность профилактического восстановления P_n ; вероятность проведения профилактического контроля P_k ; коэффициент использования ресурса K_u ; интенсивность отказов β ; наработка между отказами T_{oi} ; затраты времени на восстановление объекта, приходящиеся в среднем на единицу наработки Θ .

Учет указанных факторов позволит устанавливать оптимальные периодичность выполнения ремонта и критический уровень критериев предельного состояния, повысить результативность системы СТОИР и ввести адаптивное управление системой СТОИР металлорежущего оборудования.

При планово-предупредительном восстановлении оборудования описанный выше алгоритм оптимизации режима профилактического восстановления металлорежущего оборудования позволяет учитывать тот факт, что станок состоит из многих элементов, каждый из которых может быть самостоятельным объектом профилактики. В этом случае периоды профилактики определяются для каждого элемента. В дальнейшем полученные периоды корректируются с целью максимального совмещения

профилактических работ, беря за основу наименьший период. Некоторое отклонение периодов профилактики при их корректировке от ранее рассчитанных оптимальных значений компенсируются экономией времени при проведении профилактики за счет совмещения работ.

Таким образом, разработанный алгоритм ремонта металлорежущего оборудования по техническому состоянию с постоянными и переменными интервалами контроля технического состояния, позволяет для каждой единицы оборудования разрабатывать свой план ремонтного обслуживания, включающий назначение периодичности контроля технического состояния и назначение критических уровней критериев предельного состояния, при превышении которых требуется профилактическое восстановление объекта.

Литература:

1. Пекелис Г.Д. Технология ремонта металлорежущих станков / Г.Д. Пекелис, Б.Т. Гельберг. - М: Машиностроение, 1984. - 240 с.
2. Иноземцев А. Н. Надежность станков и станочных систем: Учебное пособие. - Тульский государственный университет - Тула, 2002. - 181с.
3. Пасько Н.И. Оптимизация режима технического обслуживания и ремонта металлообрабатывающего оборудования / Н.И. Пасько, Н.В. Анцева Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Выпуск. 1. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. - с. 80 - 86.