

## АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ПРОИЗВОДСТВ С ОГРАНИЧЕННОЙ НОМЕНКЛАТУРОЙ ПРОДУКЦИИ

Изложена общая постановка проблемы построения структурных моделей стадии «эксплуатация» технологического оборудования. Приведены эмпирические данные по снижению технологической точности крупных и тяжелых станков локомотиворемонтных заводов. На основе многолетних наблюдений предложены структурные модели стадии «эксплуатация» станков и приспособлений.

**Ключевые слова:** плановый предупредительный ремонт, производительность, технологический модуль, технологическая точность, эксплуатация оборудования.

### Введение

При оптимизации методов управления технологическим оборудованием стремятся свести к минимуму время реакции системы управления на происходящие изменения в состоянии оборудования. Поиск путей дальнейшего повышения эксплуатационных характеристик систем управления производственным оборудованием необходимо основывать на прогнозировании изменений происходящих в технологической системе. Зная предстоящие изменения состояния технологического модуля, можно оказывать управляющее воздействие до того, как произойдут изменения. Таким образом, эффективное время ответной реакции системы управления снизится, эффективность процесса управления возрастет.

**Анализ прогрессивных методов управления.** Одним из наиболее перспективных методов управления оборудованием на стадии «эксплуатация» является упреждающее управление. Модель упреждающего управления оборудованием подразумевает своевременный ремонт и техническое обслуживание (ТО) технологических модулей (технологический модуль это станок и приспособление). Сроки службы отдельных деталей и трудоемкость их ремонта определяют коэффициент долговечности [1], который является основной характеристикой долговечности технологического модуля. От способа организации ремонта и ТО зависит использование имеющихся сроков службы, поскольку при одновременном ремонте групп деталей долговечность отдельных деталей используют не полностью. Но и это недоиспользование может возрасти, если система управления эксплуатацией оборудования не учитывает зависимость между сроками службы деталей и потребностью модуля в ремонте.

Принципы упреждающего управления технологическими модулями основаны на результатах прогнозирования потери технологической точности и производительности станков. При регистрации указанных изменений производят соответствующее ремонтное воздействие на оборудование. Для экономии средств диагностирование состояния модуля начинают производить в промежуток времени максимальной вероятности  $F(t)$  наступления отказа (рисунок 1).

Для реализации модели упреждающего управления необходимо знание зависимостей, описывающих процесс эксплуатации станка и имеющих размерность времени, так как службам управления в своей работе необходимо ориентироваться на конкретные значения наработки на отказ, времени ремонта и времени пуска-наладочных работ. Модель позволяет установить требования к управляющим и ремонтным воздействиям на оборудование. Действительные характеристики надежности и вероятности безотказной работы могут быть выявлены только на основе анализа результатов работы технологического модуля в конкретных производственных условиях.

Другой основой методов упреждающего управления оборудованием является диагностирование его состояния. При аттестации станков контролируют большое число технологических показателей и параметров, таких как: производительность, геометрическую и технологическую точность, температуру нагрева узлов, уровень шума, степень износа трущихся поверхностей, амплитуду и частоту вибрации узлов шлифовальных станков. Если хотя бы один из технологических показателей не укладывается в регламентированные пределы, необходимо определение причин возникновения

этого. Для диагностирования, как правило, недостаточно информации, полученной при аттестации оборудования. Но при этом избыточная информация значительно удорожает процесс диагностики. В этой связи номенклатуру диагностируемых параметров необходимо строго ограничить. Необходимо учитывать, что наибольшая достоверность достигается при учете комплекса выходных параметров различной природы. Самыми значимыми для диагностирования состояния технологических систем являются алгоритмы, основанные на анализе комплекса отклонений параметров от нормы. Решение задачи заключается в подборе технологического показателя, наиболее полно отражающего указанный комплекс параметров.

Одним из наиболее комплексных технологических показателей станков является производительность как оценка максимально возможных режимов резания, при которых станок обеспечивает точность геометрических размеров и качество поверхности образца-изделия. Другой основной эксплуатационной характеристикой оборудования является его технологическая точность. Ремонтные воздействия осуществляют при снижении точности и производительности технологических модулей (рисунок 2).

Рассмотрим зависимости снижения технологической точности  $D$  оборудования от оперативного времени  $t$  использования по назначению на примере эксплуатации технологических модулей локомотиворемонтных заводов (ЛРЗ):

1. Для токарно-карусельных станков моделей 1512, 1516, КС-412:  $D=14,82+0,21t$ , мкм;
2. Для токарно-винторезных станков моделей 1Н65, РТ-117:  
 $D=14,29+0,39t$ , мкм;
3. Для колесотокарных станков модели 1836:  $D=0,27+0,0046t$ , мм;
4. Для шеечнокатных станков модели КЖ1841:  $D=13,54+0,25t$ , мкм;
5. Для горизонтально-расточных станков моделей 2656, 2Е656:  
 $D=14,23+0,31t$ , мкм;
6. Для горизонтально-расточных станков моделей 2А636, 2К637:  $D=15,15+0,31t$ , мкм;
7. Для шлифовальных станков моделей 3А428, ХШ-335:  $D=8,43+0,16t$ , мкм.

Зависимости потери производительности технологических модулей имеют качественное совпадение с зависимостями потери технологи-

ческой точности. Разработаем на основе полученных зависимостей модель управления оборудованием.

**Формирование модели упреждающего управления на примере эксплуатации технологических модулей ЛРЗ.** При разработке систем управления производственными подразделениями серийного и крупносерийного производства с динамической и произвольной последовательно-

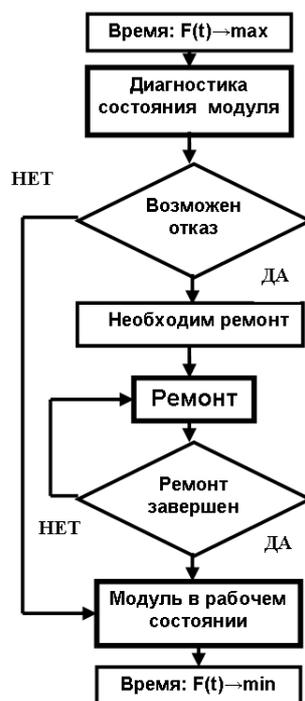


Рисунок 1. Алгоритм реализации модели упреждающего управления на этапе диагностики

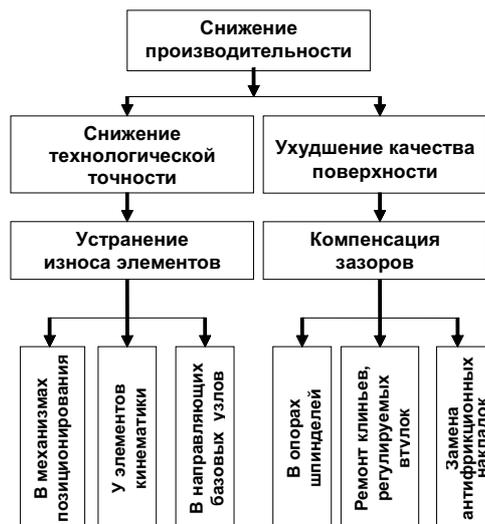


Рисунок 2. Блок-схема ответного воздействия системы управления при снижении производительности оборудования

стью обработки однотипных деталей одной из актуальных и сложных является задача оптимального планирования этапов ТО, О, Т, СР, КР и И технологического оборудования. Решение этой задачи позволяет определить продолжительность межремонтного периода, когда технологический модуль может быть использован по назначению. Совокупность методов решения подобных задач сведена в теории расписаний.

Одной из основных задач при расчете количества станков и разработке графиков планового предупредительного ремонта (ППР) по ремонту и ТО крупного и тяжелого оборудования ЛРЗ является определение минимально возможного числа станков и назначение сроков ремонта, обеспечивающих непрерывность производственного процесса. При этом время межремонтного периода и ремонтного цикла считаем известным из наблюдений за работой оборудования.

Решение основной задачи осложнено тем, что из-за проведения ремонтных работ различные партии деталей подвижного состава проходят обработку на станках в различной последовательности. При этом срок использования модуля по назначению представляет собой непрерывную вероятностную величину. Поэтому основную задачу сформулируем следующим образом: имеется количество  $n$  технологических модулей, ремонтируемых через  $T_i$  промежутки времени в количестве  $m$  штук; необходимо построить структурную модель стадии «эксплуатация» жизненного цикла крупных и тяжелых станков ЛРЗ, которая могла бы обеспечить технологическую точность, настроенность, стабильность технологических процессов и непрерывность производственного процесса ремонта деталей подвижного состава.

Технологическую точность и настроенность технологических процессов обеспечива-

ют поддержанием модулей в исправном состоянии в соответствии с заданными техническими характеристиками. Стабильность технологических процессов и непрерывность производственного процесса обеспечивают бесперебойной работой технологических модулей и их взаимозаменяемостью при проведении ТО и ППР.

Для совместного решения поставленных вопросов рассмотрим графическую модель работы технологических модулей. Для этого представим структуру стадии «эксплуатация» в виде временного графа с параллельными рядами (см. рисунок 3). Вершинами графа служат моменты начала и окончания О, Т, СР, КР и этап И. Этап И внутри себя представляет граф с кратными дугами (см. рисунок 4).

Между началом и окончанием О, Т, СР, КР происходит разрыв цепи и изменение направления маршрута. Вычисляя длину маршрута прохождения вдоль ребер графа, получим модель той части производственного процесса, в которой задействовано рассматриваемое оборудование. Используя полученную модель, определяем производительность оборудования по группам и типам в течение выбранного периода стадии «эксплуатация». Сопоставляя производительность с объемом выпуска деталей, найдем минимальное количество технологических модулей, необходимое для обеспечения непрерывности производственного процесса по заданной номенклатуре и количеству деталей подвижного состава. На рисунке 4 обозначено:  $I_0$ ;  $I_3$  – начало, и завершение этапа И загружаемого технологического модуля;  $I_H$ ;  $I_K$  – начало и окончание дополнительной загрузки модуля во время проведения ремонта модулей подобного типа одного структурного подразделения предприятия; РМ и МР – вершины графа обозначающие момент отправления потока продукции с ремонтируе-

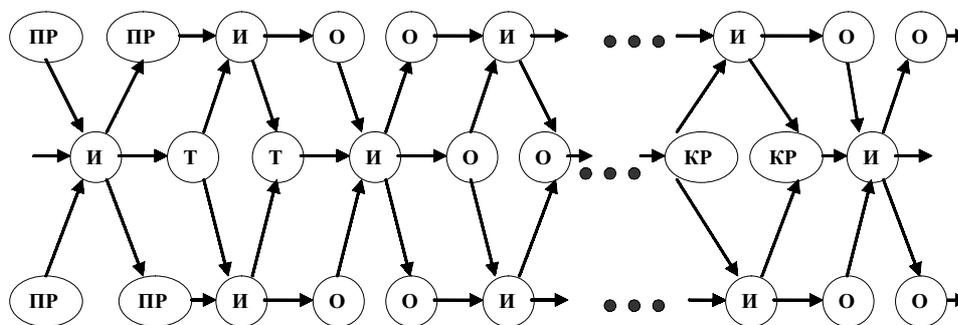


Рисунок 3. Граф вариантов стадии «эксплуатация» комплекса типовых технологических модулей

мого модуля на загружаемый и с загружаемого на отремонтированный соответственно.

При построении графа вариантов этапа И для модулей, выполняющих производственное задание в течение промежутков времени ремонта или ТО аналогичных технологических модулей, необходимо учитывать, что суммарная длина дуг  $\Omega_j$  не должна превышать производительности модуля умноженной на коэффициент выполнения норм. Количество  $j$  дуг равно величине прохождения потока изделий, обрабатываемых на загружаемом модуле. При этом необходимо наложение ограничений:

$$j - 1 = m, \text{ при } m \leq C_m, \quad (1)$$

где  $m$  – количество ремонтируемых (обслуживаемых) модулей;  $C_m$  – количество смен работы оборудования.

Система ограничений (1) определяет не только построение графа вариантов этапа И, но построение графа вариантов стадии «эксплуатация» всех технологических модулей одной группы и одного типа.

Совместный анализ структур стадии «эксплуатация», регрессионных уравнений потери точности и вероятности безотказной работы позволил получить формулу для расчета продолжительности оперативного времени ремонтного цикла (часы, отработанные оборудованием):

$$T_{\text{рц}} = C_T \cdot (1 \pm V_X), \quad (2)$$

где  $C_T$  – средний показатель значения оперативного времени работы оборудования до первого отказа по точности, устранение которого возможно только ремонтом деталей несущей системы станка;  $V_X$  – коэффициент возможной вариации сроков ремонта с сохранением вероятности безотказной работы технологического модуля: станок-приспособление. Если использовать знак (-) в уравнении (2), то можно получить ремонтный цикл с резервированием по параметру «непрерывность производственного процесса», а (+) позволяет максимально использовать ресурс оборудования, но при условии уменьшения вероятности безотказной работы.

Например, при максимально возможном числе смен работы оборудования равном трем, число параллельных рядов в графе на рисунке 3 должно быть кратно трем и т. д. Максимальная потеря производительности участка из трех модулей при одновременном ремонте двух достигает 66,7%. Но остановки производства не

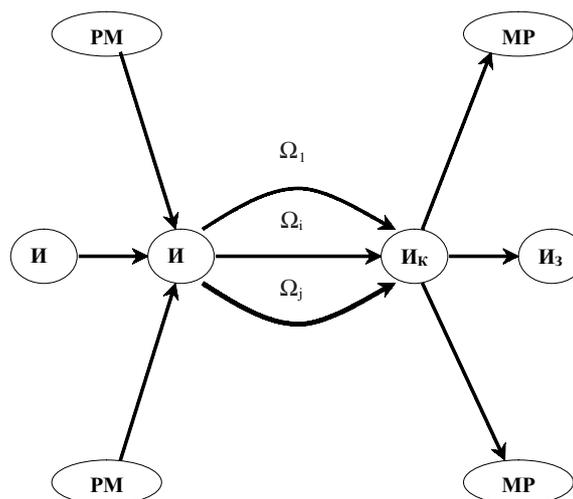


Рисунок 4. Граф вариантов этапа И модуля загружаемого на время ремонта смежных модулей производственного участка

происходит. Рассмотрим отдельно каждый ряд графа вариантов стадии «эксплуатация». Ряд представляет собой не что иное, как структурную модель стадии «эксплуатация» отдельного модуля, составляющего рассматриваемый производственный участок.

На основе зависимостей потери точности и вероятности безотказной работы составим структурные модели стадии «эксплуатация» технологических модулей ЛРЗ (см. таблицу). Сроки проведения ППР имеют различные периоды, зависящие от  $K_X$ , и некоторый вариационный разброс  $V_X$ , индивидуальный для каждой модели оборудования.

Продолжительность оперативного времени  $X$ -го межремонтного периода, рассчитывают по уравнению:

$$T_{\text{МРХ}} = K_X \cdot T_{\text{рц}} \left( \sum_{X=1}^N X \right)^{-1}, \quad (3)$$

где  $K_X$  – коэффициент снижения ресурса оборудования, зависит от вероятности безотказной работы;  $N$  – количество межремонтных периодов в ремонтном цикле.

Для практического применения в формуле (3) можно использовать значения коэффициентов из рядов:

1. Для станков с 12-ти периодным циклом:  $K_1=1,45; K_2=1,3; K_3=1,2; K_4=1,05; K_5=0,95; K_6=0,8; K_7=1,0; K_8=0,95; K_9=0,9; K_{10}=0,85; K_{11}=0,8; K_{12}=0,75$ .

2. Для станков с 18-ти периодным циклом:  $K_1=2; K_2=1,5; K_3=1,4; K_4=1,3; K_5=1,2; K_6=1,1; K_7=1,0;$

$K_8=1,0; K_9=0,9; K_{10}=0,9; K_{11}=0,9; K_{12}=0,9; K_{13}=0,9;$   
 $K_{14}=0,8; K_{15}=0,7; K_{16}=0,6; K_{17}=0,5; K_{18}=0,4.$

3. Для станков с 24-х периодным циклом:  
 $K_1=2; K_2=1,8; K_3=1,6; K_4=1,4; K_5=1,2; K_6=1,0;$   
 $K_7=1,0; K_8=1,0; K_9=1,0; K_{10}=1,0; K_{11}=1,0; K_{12}=1,0;$   
 $K_{13}=1,0; K_{14}=0,9; K_{15}=0,9; K_{16}=0,9; K_{17}=0,8; K_{18}=0,8;$   
 $K_{19}=0,7; K_{20}=0,7; K_{21}=0,6; K_{22}=0,6; K_{23}=0,6; K_{24}=0,5.$

Поскольку наиболее выгодным по относительным ремонтным потерям является 6-ти периодный цикл [2], а 12-ти, 18-ти и 24-х периодные позволяют наиболее полно использовать ресурс оборудования, то выходом из данной ситуации может быть уменьшение трудоемкости О и Т соответственно на 50%, 70% и 75% с последующим разделением производства работ. Необходимо считать О ремонтной операцией. Во время проведения О необходимо оказывать частичное ремонтное воздействие на те детали, которые может отремонтировать эксплуатирующая организация, а также производить ремонт оснастки. Таким образом, может быть реализована четырехвидовая структура ремонтного цикла оборудования [2], которая позволит свести к минимуму простой технологического модуля в ремонте.

**Экономическое обоснование подбора, ремонта и списания технологических модулей.** При комплектации оборудованием и станочной оснасткой вновь создающихся участков, цехов и предприятий теоретическим обоснованием подбора оборудования является нахождение минимума двух функционалов:

$$\left. \begin{aligned} Z &= \sum_{i=1}^n \tau_i T_i^{-1} \\ W &= \sum_{j=1}^m k_j \omega R_j \\ W &= \sum_{j=1}^m k_j \omega R_j \end{aligned} \right\} \rightarrow \min \quad (4)$$

где  $\tau_i$  – трудоемкость ремонта детали, узла, приспособления или станка в целом;  $T_i$  – срок службы детали;  $k_j$  – повышающий коэффициент, учитывающий снижение ресурса станка или приспособления;  $\omega$  – затраты предприятия на ремонт узла с группой ремонтной сложности, равной единице;  $R_j$  – группа ремонтной сложности станка или приспособления;  $n$  – количество станков и приспособлений на комплектуемом участке;  $m$  – количество станков и приспособлений, планируемых к ремонту за время эксплуатации участка.

Решение системы (4) реализуют при условии ограничений:

$$h e (\tau_1 + \dots + \tau_i + \dots + \tau_n) \leq N F_Z,$$

$$\omega (C_1 k_1 R_1 + \dots + C_j k_j R_j + \dots + C_m k_m R_m) \leq N F_R,$$

где  $h$  – часовая тарифная ставка;  $e$  – коэффициент выполнения норм;  $N$  – время работы участка (год);  $F_Z$  – годовой фонд заработной платы рабочих-ремонтников;  $C_j$  – коэффициент, характеризующий вид производимого ремонта: внепланово-

Таблица. Структурные модели стадии «эксплуатация» жизненного цикла технологических модулей

№ п/п	Модель станка	Ст, час	$V_x$	Структура стадии «эксплуатация»
1	1512, 1516, KC-412	61 400	$5,7 \cdot 10^{-3}$	ПН-К <sub>1</sub> И <sub>А</sub> -О-К <sub>2</sub> И-Т-К <sub>3</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>4</sub> И-Т-К <sub>5</sub> И-О-К <sub>6</sub> И-СР <sub>ПР</sub> -К <sub>7</sub> И-О-К <sub>8</sub> И-Т-К <sub>9</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>10</sub> И-Т-К <sub>11</sub> И-О-К <sub>12</sub> И-КР
2	1Н65, РТ-117	61 400	$5,7 \cdot 10^{-3}$	ПН-К <sub>1</sub> И <sub>А</sub> -О-К <sub>2</sub> И-Т <sub>ПР</sub> -К <sub>3</sub> И-О-К <sub>4</sub> И-Т-К <sub>5</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>6</sub> И-СР-К <sub>7</sub> И-О-К <sub>8</sub> И-Т <sub>ПР</sub> -К <sub>9</sub> И-О-К <sub>10</sub> И-Т-К <sub>11</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>12</sub> И-КР
3	1832	39 720	$6,3 \cdot 10^{-3}$	ПН-К <sub>1</sub> И <sub>А</sub> -О-К <sub>2</sub> И-Т-К <sub>3</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>4</sub> И-Т-К <sub>5</sub> И-О-К <sub>6</sub> И-СР-К <sub>7</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>8</sub> И-Т-К <sub>9</sub> И-О-К <sub>10</sub> И-Т-К <sub>11</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>12</sub> И-КР
4	1841	39 720	$6,3 \cdot 10^{-3}$	ПН-К <sub>1</sub> И <sub>А</sub> -О-К <sub>2</sub> И-Т-К <sub>3</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>4</sub> И-Т-К <sub>5</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>6</sub> И-СР-К <sub>7</sub> И-О-К <sub>8</sub> И-Т-К <sub>9</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>10</sub> И-Т-К <sub>11</sub> И-О-К <sub>12</sub> И-КР
5	2А636, 2К637, 2Е656	59 400	$6,7 \cdot 10^{-3}$	ПН-К <sub>1</sub> И <sub>А</sub> -О-К <sub>2</sub> И-Т-К <sub>3</sub> И-О-К <sub>4</sub> И-Т-К <sub>5</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>6</sub> И-Т-К <sub>7</sub> И-О-К <sub>8</sub> И-Т-К <sub>9</sub> И-О-К <sub>10</sub> И-Т-К <sub>11</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>12</sub> И-Т-К <sub>13</sub> И-О-К <sub>14</sub> И-Т-К <sub>15</sub> И-О-К <sub>16</sub> И-Т-К <sub>17</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>18</sub> И-КР
6	3А428, ХШ-15	61 400	$7,3 \cdot 10^{-3}$	ПН-К <sub>1</sub> И <sub>А</sub> -О <sub>ПР</sub> -К <sub>2</sub> И-Т-К <sub>3</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>4</sub> И-Т-К <sub>5</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>6</sub> И-Т-К <sub>7</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>8</sub> И-Т-К <sub>9</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>10</sub> И-Т-К <sub>11</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>12</sub> И-Т-К <sub>13</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>14</sub> И-Т-К <sub>15</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>16</sub> И-Т-К <sub>17</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>18</sub> И-Т-К <sub>19</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>20</sub> И-Т-К <sub>21</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>22</sub> И-Т-К <sub>23</sub> И-О <sub>ПР</sub> -К <sub>24</sub> И-КР

Примечание: ПН – пусконаладочные и монтажные работы; И – период использования станка по назначению; О – осмотр; Т – текущий ремонт; СР – средний ремонт; КР – капитальный ремонт. Индекс ПР означает, что данная операция включает ремонт средств технологического оснащения; индекс А – в данный этап проводят ТО технологических модулей связанное с приработкой деталей.

вый (аварийный), О, Т, СР и КР;  $F_R$  – годовой фонд денежных средств, выделенный на ремонт технологических модулей. При расчете на длительную перспективу работы участка, компоненты системы функционалов (4) и их ограничений составляют исходя из годовых затрат предприятия. Минимум ремонтных потерь и затрат определяют на текущий (следующий) год.

Анализ системы функционалов (4) показывает, что  $Z$ -функционал, характеризующий относительные ремонтные потери, определяется узлами (детальями) с минимальным сроком службы.  $W$ -функционал это прямые затраты предприятия на содержание станков и оснастки. Его уменьшение возможно при использовании технологических модулей с максимальным ресурсом, либо нового оборудования. При этом годовая экономия  $\mathcal{E}_d$  денежных средств от увеличения продолжительности ремонтного цикла нового оборудования и оснастки составляет:

$$\mathcal{E}_d = W_C - W_H;$$

где  $W_C$  – затраты на содержание старого оборудования и оснастки в течение года;  $W_H$  – затраты на содержание нового оборудования в течение года;

$$W_C = \frac{\sum W_C}{T_{PCC}};$$

где  $\sum W_C$  – суммарные затраты на содержание старого оборудования в течение ремонтного цикла;  $T_{PCC}$  – продолжительность ремонтного цикла старого оборудования.

$$W_H = \frac{\sum W_H}{T_{PCH}};$$

где  $\sum W_H$  – суммарные затраты на содержание нового оборудования в течение ремонтного цикла;  $T_{PCH}$  – продолжительность ремонтного цикла нового оборудования.

Расчет величин  $UW_H; T_{PCH}; UW_C; T_{PCC}$  для станков производим согласно методике, приведенной в [3]. Для оснастки величины  $T_{PCH}; T_{PCC}$  определяют исходя из возможного ресурса, рассчитанного по методике [4]. Величину затрат  $UW_H; UW_C$  для оснастки определяют эмпирическим путем, исходя из трудоемкости ТО, ремонта, потребности в запчастях, расхода смазочных материалов и энергозатрат эксплуатирующей организацией. За основу расчета трудоемкости полного восстановления приспособления берут нормы времени на ремонт корпуса (базовых деталей) и (или) механизма зажима заготовок.

Наиболее важным является величина затрат по ремонту технологических модулей  $Z_p$  отнесенная к себестоимости продукции. С увеличением  $T_{PCC}$  технологического модуля величина этого вида затрат уменьшается [5]. Наиболее точную оценку  $Z_p$  можно получить, используя в формулах, взятых из [5], величину прямых ремонтных потерь  $Z$ :

$$Z = Z_p + Z_{ППР},$$

где  $Z_p, Z_{ППР}$  – время, затраченное на все операции ТО и ППР соответственно станка и приспособления.

Скрытые убытки предприятия  $S$ , вызванные недобором продукции, равны:

$$S = Z \cdot \sum_{j=1}^N W_{ij} \cdot k_{Bi} \cdot t_{ши}^{-1},$$

где  $W_{ij}$  – прибыль, получаемая от реализации  $i$ -ой детали, выпущенной в количестве  $j$  единиц за промежуток времени  $Z$ ;  $k_{Bi}$  – коэффициент выполнения норм при изготовлении  $i$ -ой детали;  $t_{ши}$  – штучно-калькуляционное время на изготовление  $i$ -ой детали;  $N$  – число типов деталей, изготавливаемых на станке.

Скрытые убытки при использовании предлагаемой модели стадии «эксплуатация», при прочих равных условиях, уменьшаются не менее, чем:

$$\Delta S = Z_{ПП} \cdot \sum_{j=1}^N W_{ij} \cdot k_{Bi} \cdot t_{ши}^{-1}. \quad (5)$$

Значения убытков, рассчитанные по формуле (5), являются определяющими при выборе вариантов комплектации оборудования и моделей его эксплуатации.

## Выводы

1. Разработаны структурные модели стадии «эксплуатация» технологического оборудования локомотиворемонтных предприятий, которые позволяют с большой степенью вероятности исключить отказ по основным технологическим параметрам при его использовании по назначению.

2. Получены расчетные формулы для определения продолжительности ремонтного цикла  $T_{PCC}$  и межремонтного периода. Установлено, что при расчете  $T_{PCC}$  технологических модулей используют значение  $V_X$  приспособлений.

3. В расчет затрат предприятия на ремонт и ТО станков и приспособлений введен коэффициент, характеризующий остаточный ресурс.

21.09.2011

**Список литературы:**

1. Проников, А.С. Повышение долговечности станочного парка [Текст] / А.С. Проников. – М. Высшая школа, 1961. – 155 с.
2. Проников, А.С. К определению оптимальной структуры ремонтного цикла оборудования [Текст] / А.С. Проников // Вестник машиностроения. – 1953. - №1. – М.: Машиностроение. – 1953. – С. 74 – 78.
3. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования/ Под. ред. В.И. Клягина, Ф.С. Сабирова. – М.: Машиностроение, 1988. – 672 с.
4. Ильицкий, В.Б. Станочные приспособления. Конструкторско-технологическое обеспечение эксплуатационных свойств [Текст] / В.Б. Ильицкий, В.В. Микитянский, Л.М. Сердюк. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.
5. Великанов, К.М. Определение экономической эффективности вариантов механической обработки деталей [Текст] / К.М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1970. – 240 с.

Сведения об авторе:

**Серегин Андрей Алексеевич**, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающие станки и комплексы Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: aasdom@yandex.ru

**UDC 621.9.06**

**Seregin A.A.**

Orenburg state university, e-mail: aasdom@yandex.ru

**ANALYSIS AND SYNTHESIS OF MODEL OF PRODUCTION EQUIPMENT MANAGEMENT WITH LIMITED PRODUCT RANGE**

The author presented a general statement of the problem of constructing structural models of the stage of «exploitation» of technological equipment and gave empirical data to reduce the technological precision of large and heavy machines locomotive factories. On the basis of long-term observations the author suggested structural model of the «exploitation» stage of machines and devices.

Key words: Planned preventative maintenance, performance, process module, process accuracy, maintenance of equipment.