

УДК 62-2; 67.02

DOI:10.30987/2223-4608-2021-5-40-48

И.В. Говоров, д.т.н.
(ПАО «Газпром», 190900, Санкт-Петербург, BOX 1255)
E-mail: i_govorov@mail.ru

Система организационно-технологического обеспечения оптимальной долговечности деталей машин

Рассмотрены принципы, лежащие в основе системы организационно-технологического обеспечения оптимальной долговечности деталей машин, предусматривающие сравнение исходной фактической (расчетной) долговечности детали с установленным сроком службы машины. Отмечена важная роль упрочняющих, реновационных и комбинированных технологий в обеспечении рациональной долговечности деталей машин.

Ключевые слова: детали машин; долговечность; реновация; рециклинг; срок службы; технологические методы; упрочнение; эксплуатационные свойства.

I.V. Govorov, Dr. Sc. Tech.
(PJ-SC "Gasprom", 190900, BOX 1255, Saint-Petersburg)

System of organization and technological support of machinery optimum life

The underlying principles in the system of organization and technological support of machinery optimum life providing for the comparison of initial actual (rated) life of a part with machine specific life are considered. A significant role of strengthening, renovation and combined technologies to support machinery efficient life is emphasized.

Keywords: machinery; durability; renovation; recycling; life; technological methods; strengthening; operation properties.

Проблема обеспечения оптимальной долговечности деталей машин охватывает весь комплекс работ от проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и организации производства до сервисного обслуживания машин и их утилизации, а ее решение в конечном итоге предполагает создание современных надежных изделий машиностроения с минимальными совокупными затратами при их производстве и последующей эксплуатации [1 – 3, 5].

Эффективность применения машины по показателям производительности и совокупных затрат за жизненный цикл во многом определяется долговечностью составляющих ее элементов (узлов и деталей), которые в процессе эксплуатации могут ремонтироваться или заменяться новыми. В этой связи опти-

мальной долговечностью детали следует считать такой срок ее службы, при котором обеспечивались бы минимальные затраты на эту деталь за период времени, приведенный к установленному сроку службы машины. Оптимизация долговечности деталей машин в этом случае может быть сведена к организационно-технологическому обеспечению минимальных удельных затрат на каждый элемент (деталь или узел) за период времени, равный установленному сроку службы машины.

Применительно к i -му элементу (детали) машины удельные затраты y_i могут быть определены по формуле:

$$y_i = C_i / (T_m \cdot k_{Vi}), \quad (1)$$

где C_i – совокупные затраты на i -й элемент

(деталь) машины за ее срок службы T_m ; k_{Vi} – коэффициент, учитывающий изменение интенсивности использования машины (ее выработку в ограниченном периоде времени (за минуту, час, смену, сутки)), непосредственно вызванное возможными конструкторско-технологическими изменениями i -го элемента.

В зависимости (1) коэффициент изменения интенсивности использования машины определяется по формуле:

$$k_{Vi} = V_i / V_0,$$

если возможные конструкторско-технологические изменения i -го элемента машины вызывают изменение интенсивности ее использования (выработки) с некоторой исходной величины V_0 до значения V_i . В противном случае следует принимать $k_{Vi} = 1$.

При решении задачи оптимизации долговечности деталей машин следует учитывать качественные и количественные ограничения. Качественные ограничения определяются условиями конкретного предприятия, позволяющими реализовать конечное число доступных конструкторско-технологических решений i -го элемента, расширить состав которых возможно только за счет приобретения недостающих ресурсов (материалов, технологического оборудования, инструмента, персонала и т.д.). Однако в этом случае следует выполнить анализ экономической целесообразности внедрения такого решения в масштабах предприятия в долгосрочной перспективе.

Количественные ограничения связаны с тем, что в реальных условиях эксплуатации возможна ситуация, когда для рассматриваемой i -й детали машины уже существующая (изначально предлагаемая) схема ее жизненного цикла (с учетом возможного ремонта, замены, повторного применения) оказывается оптимальной по удельным затратам. Поэтому должно выполняться неравенство:

$$y_i < C_{исх\ i}, \quad (2)$$

где $C_{исх\ i}$ – затраты на i -ю деталь машины за установленный срок службы машины T_m при отсутствии каких-либо оптимизирующих организационно-технологических мероприятий вообще.

Следует отметить, что составляющие C_i и T_m , входящие в выражение (1) и определяющие дискретные значения функции y_i , связаны между собой неоднозначной зависимостью, вид которой зависит от специфического соот-

ношения срока службы машины T_m и долговечности T_d рассматриваемой i -й детали.

Выражение (1) лежит в основе разработанной системы организационно-технологического обеспечения оптимальной долговечности деталей машин [6], предусматривающей сравнение исходной фактической (расчетной) долговечности детали T_d с установленным сроком службы машины T_m . Рассмотрим основные принципы этой системы (рис. 1).

Если долговечность отдельных деталей превышает установленный срок службы машины в целом более чем в два раза, то должен быть выполнен анализ возможности их повторного использования (рециклинга) в новых (модернизированных) машинах при утилизации физически и морально устаревших. При отсутствии объективных условий для применения данного подхода целесообразно идти по пути рационального снижения долговечности таких деталей и сокращения затрат на их изготовление (замена материала, снижение требований к точности размеров и качеству поверхностей).

В рассматриваемом случае создаются объективные технические и экономические предпосылки к организации эффективной утилизации машин непосредственно в условиях предприятий-производителей.

Если же долговечность детали превышает установленный срок службы всей машины менее чем в два раза, то необходим анализ целесообразности повышения ее долговечности при проектировании и изготовлении с целью возможного дальнейшего применения процедур рециклинга. В противном случае задача сводится к изготовлению детали с наименьшими затратами.

Соотношение, когда долговечность детали совпадает с установленным сроком службы машины ($T_d \approx T_m$), представляется оптимальным, но практически трудно выполнимым.

В случае, когда долговечность детали превышает только половину ресурса машины, целесообразно рассмотреть вопрос о повышении ее до срока службы машины T_m за счет применения комплексного подхода как на стадии проектирования, так и на стадии изготовления продукции.

Если долговечность детали не превышает половины срока службы машины, следует предусмотреть возможность ее ремонта (восстановления) или замены. Характер конкретного принимаемого решения должен определяться сравнением себестоимости изготовления с затратами на ремонт узла или детали.

При этом не следует забывать, что реновация изделий не требует выполнения всех предшествующих технологических переделов, связанных с добычей и переработкой сырья, производством материала и изготовлением заготовок. А это в конечном итоге позволяет не только экономить ресурсы в масштабах страны, но и снижать экологическую нагрузку на окружающую среду [2].

Следует отметить, что в обоих случаях себестоимость изготовления новой детали или

ее реновации в условиях специализированного предприятия-производителя машин будет существенно ниже, чем у предприятий-потребителей, эксплуатирующих машину, что свидетельствует об экономической целесообразности закрепления за производителем ремонта и восстановления собственных изделий. Такой подход все чаще используется ведущими (в том числе и отечественными) компаниями в виде организованного фирменного сервиса машин.

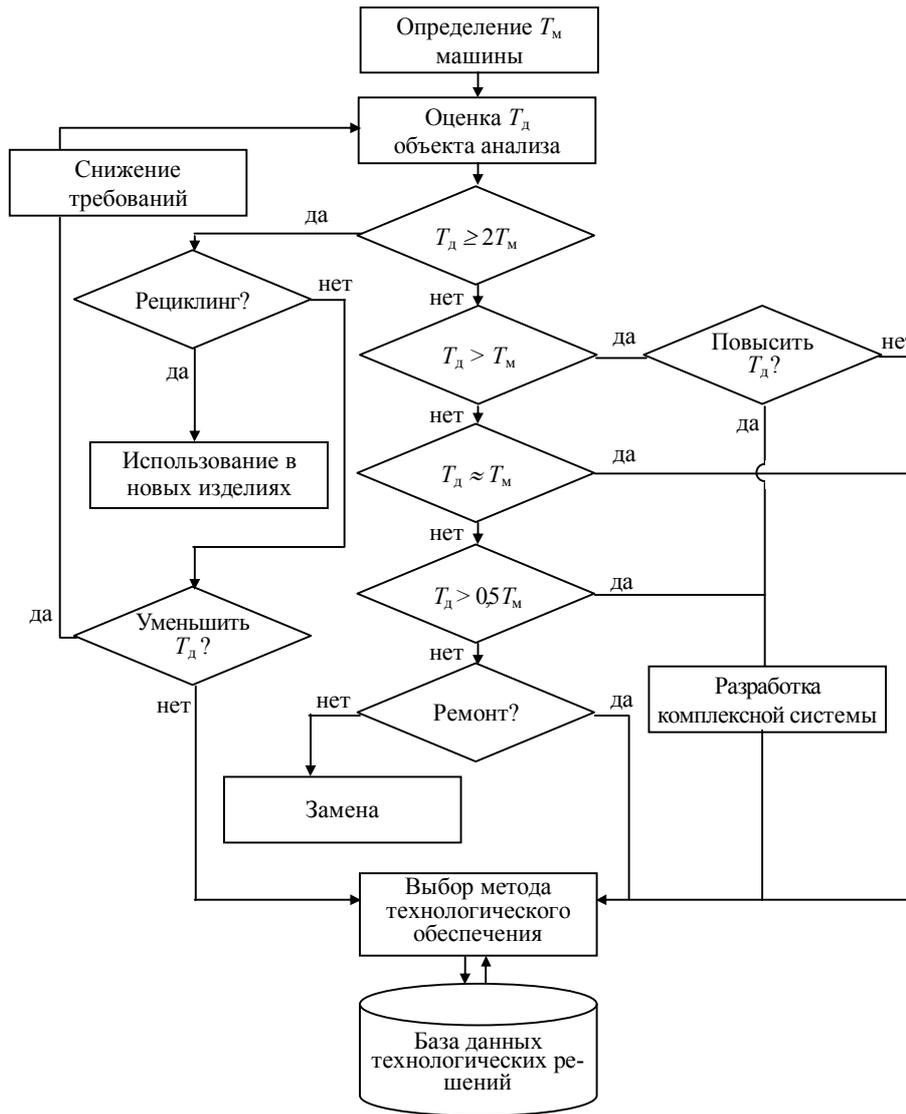


Рис. 1. Блок-схема системы организационно-технологического обеспечения оптимальной долговечности деталей машин

Таким образом, все отмеченные принципиальные мероприятия, предусматриваемые рассматриваемой системой, направлены на создание оптимальных условий для перехода детали из некоторого A_m – фактического ($m = 1 \dots 4$) в возможное A_n – рациональное

состояние ($n = 5, 6, 7$) (рис. 2).

При этом в общем случае деталь под воздействием конструкторских и технологических факторов может подвергаться преобразованиям вида:

A_0A_m ($m = 1, \dots, 4$), что соответствует пере-

ходу из исходного (заготовка) в A_m – фактическое состояние и сопровождается затратами C_{0m} ;

A_0A_n ($n = 5, 6, 7$), что соответствует переходу из исходного в A_n – рациональное состояние и сопровождается затратами C_{0n} ;

A_mA_n ($m = 1, \dots, 4; n = 5, 6, 7$), что соответствует переходу из A_m – фактического в

A_n – рациональное состояние и сопровождается затратами C_{mn} .

Очевидно, что во всех случаях рассматривается не абсолютное достижение какого-либо A_n – рационального состояния (с практической точки зрения это маловероятно), а лишь технологически возможное и экономически целесообразное приближение к нему.

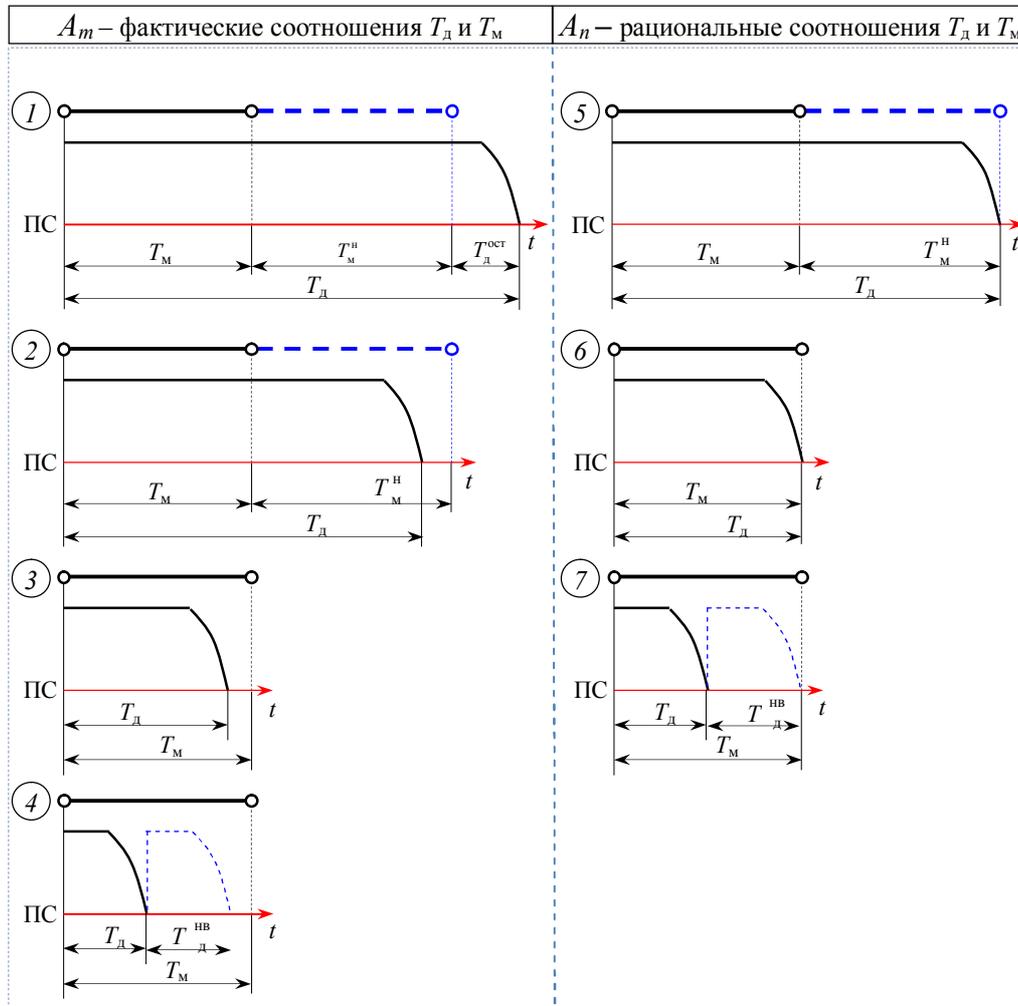


Рис. 2. Варианты соотношения долговечности детали T_d с установленным сроком службы машины T_m :

ПС – предельное состояние детали; T_m^H – срок службы новой (модернизированной) машины; $T_d^{ост}$ – остаточный ресурс детали; T_d^{HB} – долговечность новой (восстановленной) детали

Реализация любого комплекса организационно-технологических мероприятий (КОТМ), приводящих от исходного A_0 к рациональному A_n состоянию детали, сопровождается соответствующими затратами C_{0n} , которые с точки зрения оптимизации должны быть минимальными для конкретной детали за период времени, равный сроку службы машины T_m , и не превышать исходный уровень затрат $C_{исх}$ на данную деталь:

$$\begin{cases} C_{0mn} \rightarrow \min; \\ C_{0mn} < C_{исх}. \end{cases}$$

Рассмотрим отдельные варианты реализации КОТМ при различных исходных сочетаниях T_d и T_m , приведенных ранее.

Первый возможный вариант $A_0A_1A_n$ характеризуется тем, что сформированная из заготовки (A_0) деталь (A_1) имеет долговечность, многократно (не менее двух раз) превышающую срок службы машины T_m . При этом во всех случаях у детали остается неиспользованный запас ресурса $T_d^{ост}$ (см. рис. 2, поз. 1), поэтому все дальнейшие варианты оптимизации (A_1A_n) связаны с рациональным уменьше-

нием $T_d^{ост}$ за счет снижения требований к эксплуатационным показателям детали с целью минимизации затрат C_{01n} , величина которых за весь период использования детали может быть определена по зависимостям:

$$\begin{cases} C_{015}^д = C_{01} - C_{15}^э + C_{15}^{деф} (z_1 - 1); \\ C_{016}^д = C_{01} - C_{16}^э; \\ C_{017}^д = C_{01} - C_{17}^э, \end{cases}$$

где $C_{1n}^э$ – возможное сокращение (экономия) затрат при изготовлении детали за счет использования более дешевого материала, снижения требований по точности размеров, вза-

имному расположению и качеству поверхностей, позволяющее реализовать A_n – рациональное ($n = 5, 6, 7$) состояние; $C_{15}^{деф}$ – затраты на дефектацию детали в процессе определения возможностей ее повторного использования; z_1 – число возможного использования детали в конструкции машины (кратность долговечности детали установленному сроку службы машины).

Если учесть, что любое изменение состояния детали вида $A_0A_1A_n$ оказывается эквивалентным переходу A_0A_n , и привести все затраты, связанные с данной деталью, к длительности жизненного цикла машины, то получим:

$$\begin{cases} C_{015} = [C_{01} - C_{15}^э + C_{15}^{деф} (z_1 - 1)] / z_1 = [C_{05} + C_{15}^{деф} (z_1 - 1)] / z_1; \\ C_{016} = C_{01} - C_{16}^э = C_{06}; \\ C_{017} = [C_{01} - C_{17}^э] \cdot (z_2 + 1) = C_{07} \cdot (z_2 + 1) + C_{p.c} \cdot z_2, \end{cases}$$

где $C_{p.c}$ – затраты на разборку и последующую сборку узла, содержащего рассматриваемую деталь; z_2 – число предполагаемых замен детали в процессе эксплуатации машины при реализации соответствующего рационального варианта.

Аналогичным образом могут быть определены затраты для других КОТМ, реализация которых позволяет переводить деталь из фактических состояний A_2, A_3 или A_4 в A_n – рациональное состояние.

При этом, если для ранее рассмотренного комплекса $A_0A_1A_n$ все оптимизационные мероприятия (A_1A_n) связаны с возможным рациональным снижением долговечности детали, то для КОТМ $A_0A_2A_n$ в качестве одного из направлений ($A_0A_2A_5$) предусматривается повышение ресурса детали до окончания очередного срока службы машины (новой или модернизированной). Соответствующий результат в этом случае может быть обеспечен за счет внесения конструктивных изменений и/или упрочнения детали на этапе ее изготовления, а также за счет применения комбинированных технологических методов в процессе восстановления изношенной детали. Другие варианты мероприятий ($A_0A_2A_6$ и $A_0A_2A_7$) связаны с уменьшением долговечности детали и аналогичны ранее рассмотренным вида A_1A_n .

Для комплекса мероприятий $A_0A_3A_n$ возможные варианты предусматривают как реализацию упрочняющих технологий ($A_0A_3A_5$ и $A_0A_3A_6$), так снижение неиспользуемых эксплуатационных возможностей ($A_0A_3A_7$), в то время как для комплекса $A_0A_4A_n$ возможные

оптимизационные мероприятия связаны исключительно с конструкторскими улучшениями и применением упрочняющих технологий с различным конечным эффектом.

Затраты на реализацию всех возможных вариантов КОТМ и соответствующие им ограничения $C_{исх}$ приведены в табл. 1.

Приведенные в таблице зависимости носят универсальный характер и могут использоваться для случаев, когда $T_m^H \neq T_m$ (рис. 3, поз. а, б) и $T_d^{HB} \neq T_d$ (рис. 3, поз. в, з), которые в реальных условиях встречаются достаточно часто. При этом соответствующие изменения коснуться только расчета отдельных составляющих затрат КОТМ.

При реализации основных мероприятий рассматриваемой системы (в рамках возможных КОТМ) особое внимание следует обратить на технологии упрочнения, которые позволяют увеличить (иногда многократно) долговечность деталей как в процессе изготовления, так и при восстановлении их изношенных функциональных поверхностей.

Рассмотрим практическое применение системы организационно-технологического обеспечения оптимальной долговечности деталей машин на примере катка опорного круглопильного отрезного полуавтомата (рис. 4, а).

Деталь «каток опорный» предназначена для опирания стола станка на осевую направляющую при его возвратно-поступательном движении в процессе выполнения рабочих (отрезка заготовки) и холостых (возвращение в исходное положение) ходов.

1. Затраты на реализацию комплексов организационно-технологических мероприятий (КОТМ) оптимизации долговечности деталей

Вар., A_{0m}	КОТМ, A_{0mn}	Затраты на реализацию КОТМ, C_{0mn}	Величина ограничивающих затрат, $C_{исх}$
A_{01}	$A_0A_1A_5$	$[C_{05} + C_{15}^{деф} \times (z_1 - 1)]/z_1$	C_{01}
	$A_0A_1A_6$	C_{06}	
	$A_0A_1A_7$	$C_{07} \cdot (z_2 + 1) + C_{p.c} \cdot z_2$	
A_{02}	$A_0A_2A_5$	$[C_{02} + C_{25}^{Y(B)} + C_{25}^{деф} (z_1 - 1)]/z_1$	C_{02}
	$A_0A_2A_6$	C_{06}	
	$A_0A_2A_7$	$C_{07} \cdot (z_2 + 1) + C_{p.c} \cdot z_2$	
A_{03}	$A_0A_3A_5$	$[C_{03} + C_{35}^{Y(B)} + C_{35}^{деф} (z_1 - 1)]/z_1$	$2C_{03}$
	$A_0A_3A_6$	$C_{03} + C_{36}^{Y(B)}$	
	$A_0A_3A_7$	$C_{07} \cdot (z_2 + 1) + C_{p.c} \cdot z_2$	
A_{04}	$A_0A_4A_5$	$[C_{04} + C_{45}^{Y(B)} + C_{45}^{деф} (z_1 - 1)]/z_1$	$(z_2^{исх} + 1) \cdot C_{04} + C_{p.c} \cdot z_2^{исх}$
	$A_0A_4A_6$	$C_{04} + C_{46}^{Y(B)}$	
	$A_0A_4A_7$	$[C_{04} + C_{47}^{Y(B)}] \cdot (z_2 + 1) + C_{p.c} \cdot z_2$	

Примечание: $C_{mn}^{Y(B)}$ – затраты на реализацию технологий упрочнения детали (в том числе в процессе восстановления), позволяющие реализовать переход из A_m – фактического в A_n – рациональное состояние; $C_{mn}^{деф}$ – затраты на дефектацию детали в процессе определения возможностей ее повторного использования при переходе из A_m – фактического в A_n – рациональное состояние; $C_{mn}^э$ – сокращение затрат при изготовлении детали, позволяющее реализовать переход из A_m – фактического в A_n – рациональное состояние; $C_{p.c}$ – затраты на разборку и последующую сборку узла, содержащего рассматриваемую деталь; z_1 – число раз возможного использования детали в конструкции машины (кратность долговечности детали установленному сроку службы машины); z_2 – число предполагаемых замен детали в процессе эксплуатации машины при реализации соответствующего рационального варианта; $z_2^{исх}$ – число предполагаемых замен детали в процессе эксплуатации машины в исходном варианте

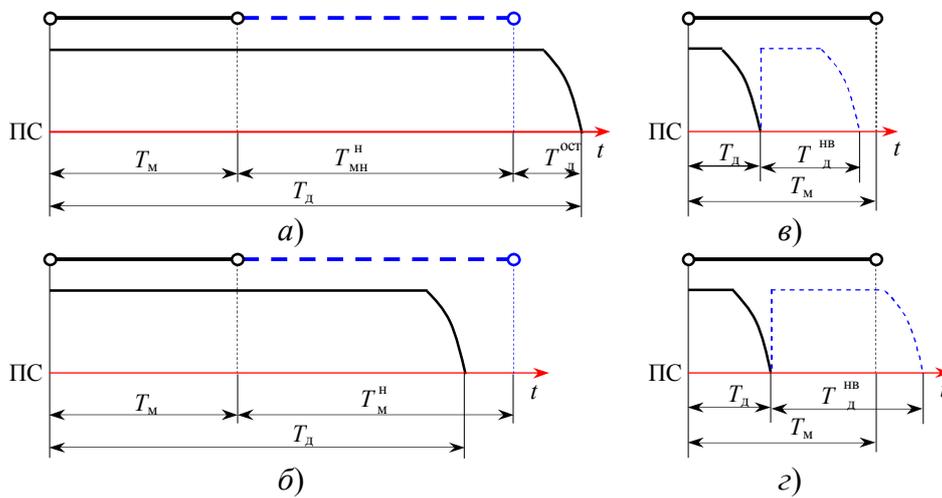


Рис. 3. Особые случаи сочетаний T_M и T_d

Основной причиной потери деталью работоспособности является износ боковых поверхностей канавки (см. рис. 4, б, пов. Д), которые непосредственно взаимодействуют с осевой направляющей. Источником износа являются контактные деформации, которые при многократно повторяющемся приложении нагрузки приобретают характер остаточных

пластических. Процесс изнашивания осложняется наличием в зоне контакта катка с направляющей частиц обрабатываемого материала.

Проблема эксплуатационной надежности рассматриваемой детали связана с тем, что ее фактическая долговечность в большинстве случаев (при стабильной двухсменной загруз-

ке станка) оказывается меньше межремонтного периода оборудования (12 месяцев), что приводит к необходимости внеплановой остановки станка для замены изношенного катка.

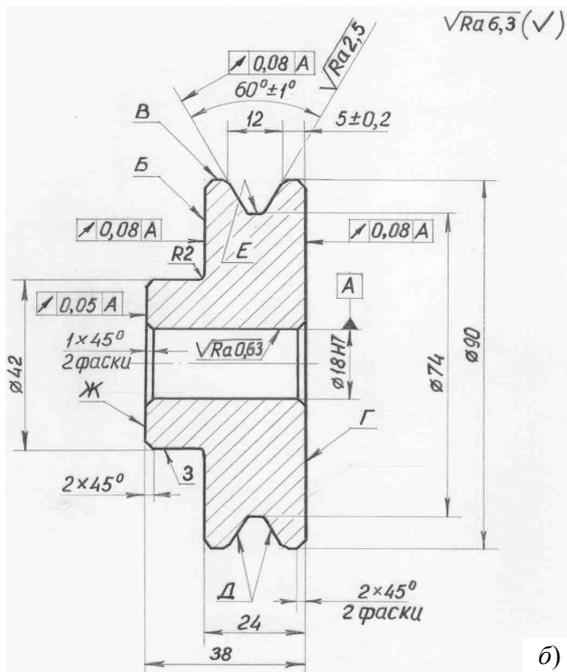


Рис. 4. Каток опорный:
а – общий вид; б – рабочий чертеж

Долговечность опорного катка в базовом варианте (материал – сталь 45, закалка, отпуск) составляет в среднем около 10-ти месяцев при регламентированном ремонтном цикле оборудования 6 лет, что позволяет рассмотреть применительно к этой детали возможности реализации КОТМ вида $A_0A_4A_n$ (см. рис. 2). При этом реализация КОТМ $A_0A_4A_5$ и $A_0A_4A_6$, предусматривающих существенное увеличение срока службы детали, на данном этапе нецелесообразна в связи с воз-

можным изменением номенклатуры производства и загрузки соответствующего типа станков в течение ближайших лет.

Поэтому рассмотрим технологические возможности оптимизации долговечности катка на базе КОТМ $A_0A_4A_7$ с учетом установленной периодичности (12 месяцев) сервисных мероприятий (ремонтов), применяемых к оборудованию. В качестве критерия оптимальности в этом случае целесообразно принять минимальные затраты на каток (с учетом его замены) за ремонтный цикл (6 лет) оборудования.

Величина удельных затрат в этом случае может быть определена в соответствии с зависимостью (1):

$$y_j = C_{047j} / T_{рц} \text{ при } k_V = 1,$$

где C_{047j} – совокупные затраты на опорный каток за ремонтный цикл оборудования при использовании j -го варианта реализации КОТМ; $T_{рц}$ – длительность ремонтного цикла оборудования.

В свою очередь (см. табл. 1)

$$C_{047j} = [C_{04j} + C_{47j}^y] \cdot (z_{2j} + 1) + C_{p.c} \cdot z_{2j},$$

где C_{04j} – затраты на изготовление катка при реализации j -го варианта КОТМ; C_{47j}^y – затраты на упрочнение функциональных поверхностей катка при использовании j -го варианта реализации КОТМ; z_{2j} – число замен катка за ремонтный цикл оборудования при использовании j -го варианта реализации КОТМ; $C_{p.c}$ – затраты на разборку и сборку узла, сопровождающие замену катка.

Анализ возможных (доступных в данных условиях) вариантов реализации КОТМ вида $A_0A_4A_7$, позволил сформировать следующий ряд технологических предложений, направленных на оптимизацию долговечности опорного катка:

- замена материала катка на сталь 20 (цементация, закалка, отпуск) или на сталь 40X (закалка, отпуск);
- диффузионное борохромирование боковых поверхностей канавки катка (насыщающая смесь на основе карбида бора и окиси хрома);
- лазерное упрочнение боковых поверхностей канавки катка;
- лазерное легирование боковых поверхностей канавки катка из обмазки (состав на основе борного ангидрида и окиси хрома). При определении совокупных затрат C_{047j} на реализацию мероприятий по каждому из предлагаемых КОТМ, использовались стоимостные данные и результаты фактической износостойкости катков, полученные в процессе натурных испытаний в условиях промышленного предприятия.

Сравнительный анализ затрат на реализацию рассматриваемых вариантов КОТМ (рис. 5) показывает, что использование для изготовления катка стали 20 (см. рис. 5, поз. 2)

нецелесообразно, так как в этом случае не выполняется ограничение (2), поэтому данный вариант может быть исключен из дальнейшего рассмотрения.

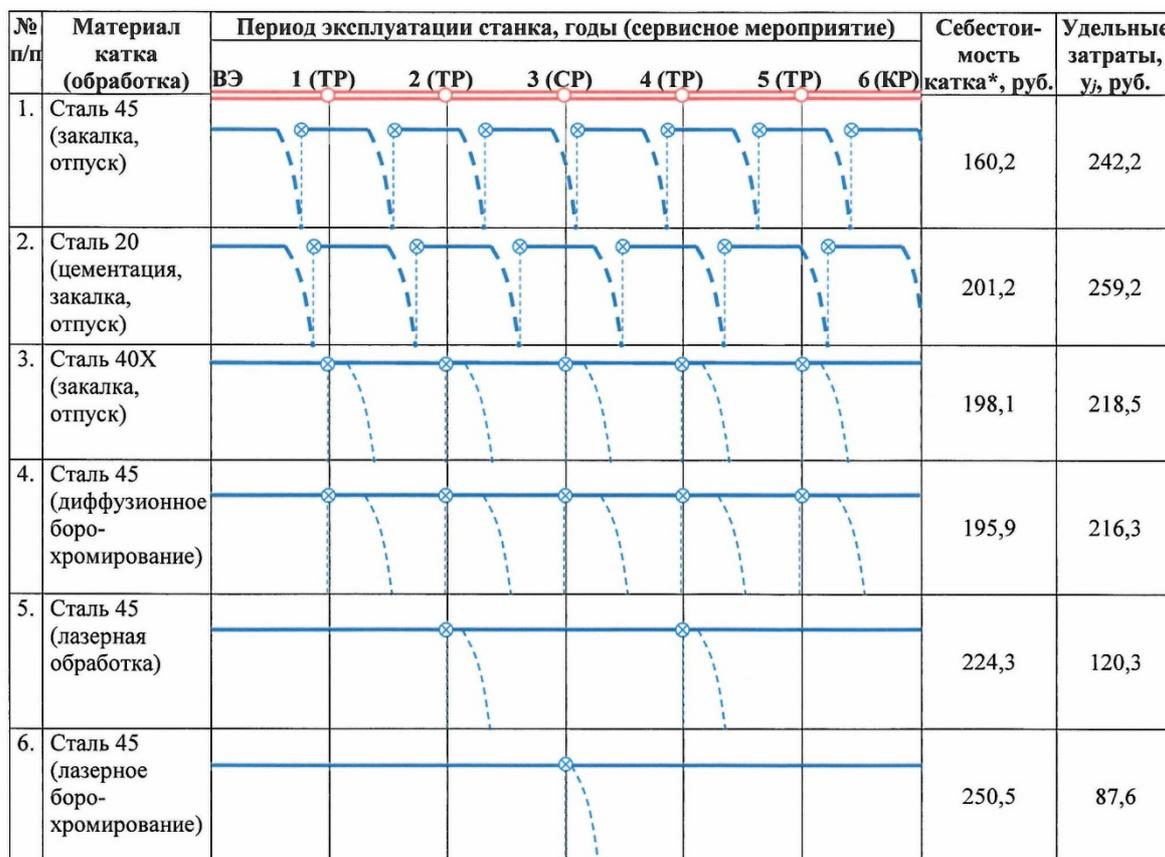


Рис. 5. Фактическая долговечность опорных катков при реализации различных вариантов изготовления и упрочнения:

ВЭ – ввод станка в эксплуатацию; ТР – текущий ремонт; СР – средний ремонт; КР – капитальный ремонт; * – затраты на изготовление и упрочнение катка ($C_{04} + C_{47j}^y$); ⊗ – точка замены опорного катка

Из оставшихся вариантов наиболее эффективным является лазерное борохроммирование катка, изготовленного из стали 45 (см. рис. 5, поз. б), однако проведенные испытания показывают, что при установке катка в кареточный узел стола станка, резко возрастает интенсивность износа направляющей оси, по которой перемещается каток. Это явление крайне нежелательно, так как в течение ремонтного цикла ремонт и замена изношенной направляющей не предусмотрены, а соответствующие работы достаточно трудоемки и требуют длительной остановки оборудования.

Таким образом, из рассмотренных вариантов реализации КОТМ по обеспечению оптимальной долговечности опорного катка наиболее целесообразными следует признать лазерное упрочнение боковых поверхностей канавки катка (см. рис. 5, поз. 5). В этом случае

обеспечиваются минимальные затраты на каток за ремонтный цикл, а следовательно и за весь период эксплуатации технологического оборудования, при выполнении ограничивающих условий стоимостного и технического характера.

При существующем многообразии упрочняющих, реновационных и комбинированных технологий [2, 4] важное значение приобретает системное представление формализованных сведений об их возможностях, преимуществах, ограничениях, приоритетных областях и опыте применения. Эта информация, структурированная в базе данных (знаний) технологических решений (см. рис. 1), позволяет специалисту осуществлять объективный отбор наиболее эффективных вариантов технологического обеспечения требуемой долговечности детали на основании выбранного эксплуа-

тационного свойства, лимитирующего ее использование в машине (узле), и установленных ограничений, а в дальнейшем оптимизировать их по критерию (1).

Следует отметить, что точность и объективность расчета всех рассмотренных ранее показателей стоимостного характера, а следовательно, и обоснованность принимаемых решений определяется корректностью соответствующих исходных данных, которые зависят от конкретных условий эксплуатации машин и могут существенно отличаться для разных предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Качество** машин: Справочник: В 2-х т. Т.1. / А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич [и др.]. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
2. **Качество** машин: Справочник: В 2-х т. Т.2. / А.Г. Суслов, Ю.В. Гуляев, А.М. Дальский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1995. – 430 с.
3. **Машиностроение**. Энциклопедия. Т. IV-3. Надежность машин. / В.В. Клюев, В.В. Болотин, Ф.Р. Соснин [и др.]; под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1998. – 592 с.
4. **Суслов, А.Г.** Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / Под общей ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.
5. **Суслов, А.Г., Дальский, А.М.** Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.

6. **Говоров, И.В.** Организационно-экономические аспекты инженерии поверхности с позиций оптимальной долговечности деталей машин // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2007. – № 3. – С. 5-7.

REFERENCES

1. Machine Quality: Reference Book: In 2 Vol., Vol.1. / A.G. Suslov, E.D. Brown, N.A. Vitkevich [et al.]. – M.: Mechanical Engineering, 1995. – pp. 256.
2. Machine Quality: Reference Book: In 2 Vol., Vol.2. / A.G. Suslov, Yu.V. Gulyaev, A.M. Dalsky [et al.]. – M.: Mechanical Engineering, 1995. – pp. 430.
3. Mechanical Engineering. Encyclopedia. Vol. IV-3. Machine Reliability. / V.V. Klyuev, V.V. Bolotin, F.R. Sosnin [et al.]; under the general editorship of V.V. Klyuev. – M.: Mechanical Engineering, 1998. – pp. 592.
4. Suslov, A.G. Technological Support and Increase of Operation Properties of Parts and Their Joints / under the general editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, 2006. – pp. 448.
5. Suslov, A.G. Dalsky, A.M. Scientific Fundamentals of Engineering Techniques. – M.: Mechanical Engineering, 2002. – pp. 684.
6. Govorov, I.V. Organization and economic aspects of surface engineering from viewpoint of machinery optimum life // Reference Book. Engineering Journal with Appendix. – 2007. – No.3. – pp. 5-7.

Рецензент д.т.н.

Александр Владимирович Хандожко

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный технический университет"

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: 8-903-592-87-39, 8-910-293-62-96.

E-mail: naukatm@yandex.ru, editntm@yandex.ru

Верстка А.А. Алисов. Технический редактор А.А. Алисов.

Сдано в набор 17.05.2021. Выход в свет 30.05.2021.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,58.

Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Брянский государственный технический университет"

