

Системный бенчмаркинг технологических новаций – основа повышения энергоэффективности и конкурентоспособности промышленных предприятий

д.т.н. проф. Кузнецов В.А., Владыка А.А.
Университет машиностроения
89263536191, avladyka@bk.ru, VAK@mami.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема конкурентоспособности отечественных промышленных предприятий на примере подшипниковой подотрасли. Затронуты вопросы, связанные с проведением модернизации технологического оборудования и реинжиниринга технологических процессов производства, сквозь призму бенчмаркинга и эколого-экономической оценки технологических преобразований.

Ключевые слова: конкурентоспособность, подшипниковая подотрасль, новация, реинжиниринг, эколого-экономическая оценка производства

Актуальное состояние большинства российских промышленных предприятий (в том числе и подшипниковой подотрасли), оказывающее прямое и непосредственное влияние на национальную экономику, вызывает к жизни необходимость тотальных пересмотров проектирования технологических процессов производства и организации управления производственными и бизнес-процессами на стратегических предприятиях.

Промышленный потенциал отечественных предприятий, инертно питающих различные сегменты рынка таким высокотехнологичным продуктом, как подшипник, ухудшается из года в год вследствие физического и морального устаревания и неэффективности давно отработавшего свой срок технологического оборудования и систем управления.

Такой мировой производитель подшипников как компания NSK, вняв требованиям первичного рынка, разработала и выпустила шарикоподшипники со сверхдолгим сроком службы за счет улучшенных (модернизированных) тел качения, таким образом увеличив ресурс, снизив силы трения, массу и габариты и заложив возможность бесперебойной работы в случае отсутствия смазки (аварийная ситуация). Отечественные производители подобными новациями похвалиться не могут в силу известных причин. Основными технологическими недостатками отечественных подшипников по сравнению с зарубежными аналогами являются: повышенный уровень вибрации, шума и значительно меньший ресурс. Перечисленные показатели зависят от материала колец и качества обработки дорожек качения и связаны с классом точности подшипника качения. Для повышения класса точности подшипника требуются современные технологии при его изготовлении, а также модернизация отдельных видов технологического оборудования. При использовании высококачественного металла колец и тел качения, надлежащей модернизации производства и обновлении парка оборудования, а также при наличии современных средств контроля продукция российских подшипниковых заводов могла бы соответствовать современным требованиям, запросам рынка и критериям конкурентоспособности.

Заметим, что в мировом рейтинге конкурентоспособности стран, ежегодно составляемом Всемирным экономическим форумом, Россия по данным на 2012-2013 гг. находится на 67-ой позиции против 66-ой строки в 2011 году. В макроэкономическом плане отсутствие позитивной динамики связывают с состоянием стабильности или стагнации российской экономики.

В связи с этим встает вопрос о поддержании конкурентоспособности промышленных предприятий: как внутренних технологических, производственных и бизнес-процессов, так и конечной продукции. Конкурентоспособность промышленного предприятия может поддерживаться достаточно долгое время за счет постоянного повышения качества выпускаемой продукции и технико-экономических показателей производства. Это достигается примене-

нием инновационных методов организации производства и внедрением технологических новаций в области применяемого оборудования, приспособлений и обрабатывающего инструмента. Для того чтобы иметь представление, на каком уровне находится технологический потенциал конкурентов, применяются специальные методы исследования, называемые бенчмаркингом. В этом случае выявляются наиболее прогрессивные методы изготовления заготовок и деталей, а также методы сборки агрегатов и машины в целом, которые применяются в технологиях производства их продукции. Носителями методов обработки и сборки являются соответствующее оборудование, рабочие и контрольные приспособления, роботизированные комплексы, литейные формы, штамповый и металлорежущий инструмент. Каждый из вышеуказанных объектов является технической системой и имеет своеобразную технологическую структуру, набор подсистем и элементов, выполняемых функций и параметров. Это предполагает применение в процессе бенчмаркинга системного подхода к технологическим объектам.

Для этого предлагается использование в качестве инструментария методики системного анализа и синтеза методов изготовления деталей. На первом этапе создается информационная модель объекта бенчмаркинга, которая включает в себя структуру этого объекта, выполняемые им функции и его техническую характеристику, задаваемую набором оценочных параметров.

Это можно рассмотреть на примере метода обработки поверхности детали.

Связь структурных элементов метода обработки задается графом $S(Q, T)$, множество вершин которого изоморфно характеристикам метода обработки (рисунок 1), а множество дуг – отношением «р», «ω», «т», с помощью которых выражается временная упорядоченность действий определенных характеристик [1].

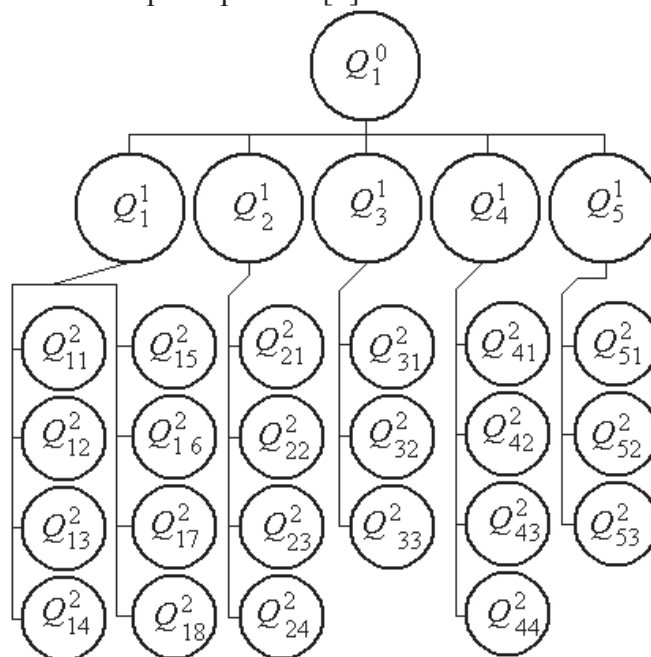


Рисунок 1. Граф связи структурных элементов метода обработки

Отношение « $a_1 \rho a_2$ » обозначает последовательный метод совмещения характеристик, отношение « $a_1 \omega a_2$ » – одновременность действия характеристик метода обработки, а отношение « $a_1 \tau a_2$ » сдвиг их действия во времени.

Наряду с временной упорядоченностью структура метода обработки как система характеризуется ступенчатостью, которая распространяется на различную глубину. Применяя к исходной системе определенный способ расчленения, можно получить множество подсистем первого уровня $\{Q_1', Q_2', Q_3', Q_4', Q_5'\}$. Прделав эту же операцию для каждой подси-

стемы первого уровня можно получить множество подсистем второго уровня $\{Q_{i1}^2, Q_{i2}^2, \dots, Q_{ik}^2\}$. Результатом такого расчленения будет граф структуры системы, вершинами которого являются характеристики метода обработки (рис. 1).

Функция метода обработки заключается в преобразовании исходной заготовки в готовую деталь и описывается отображением $\theta: K_0 \rightarrow K_k$. В этом случае исходное и конечное состояния обрабатываемой детали определяется множеством параметров качества, основными из которых являются точность размера, формы и взаимного расположения поверхности, параметры ее микрогеометрии и физико-механические свойства материала.

Если обработка осуществляется в несколько этапов, функцию метода обработки можно описать графом $F(K, \theta): F(K, \theta) = K_0 \phi_1 \dots K_{k-1} \phi_k K_k$.

Оценочные функции, с помощью которых можно определить эффективность того или иного метода, являются технической характеристикой метода обработки, состоящей из некоторого множества параметров: $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_i, \dots, Z_n\}$. В качестве оценочных функций принимают производительность обработки, стойкость инструмента, энергоемкость процесса и т.д. Комплексным критерием оценки эффективности метода обработки может быть принята себестоимость изготовления деталей, прибыль или приведенные затраты.

Таким образом, информационная модель метода обработки для осуществления бенчмаркинга описывается рядом соотношений, определяющих функцию, техническую характеристику и структуру системы на всех уровнях расчленения:

$$\begin{aligned} Q^0 &= \theta: K_0 \rightarrow K_k, S^0(Q^1, T), \{Z_i^0\}; \\ Q^1 &= \{(\phi^1: K_{j-1}^1 \rightarrow K_j^1, S^1(Q^2, T), \{Z_{ij}^1\})_j\}; j = \overline{1, m_1}; \\ Q^2 &= \{(\phi^2: K_{j-1}^2 \rightarrow K_j^2, S^2(Q^3, T), \{Z_{ij}^2\})_j\}; j = \overline{1, m_2}; \\ Q^3 &= \{(\phi^3: K_{j-1}^3 \rightarrow K_j^3, S^3(Q^4, T), \{Z_{ij}^3\})_j\}; j = \overline{1, m_3}. \end{aligned}$$

Данная модель позволяет при бенчмаркинге технологических новаций определить, в какой из подсистем проведено усовершенствование, на какие функции системы это повлияло и какие технические характеристики объекта при этом изменились.

Кроме этого, важно, чтобы бенчмаркинг имел конкретные цели. В этом случае поиск тех или иных конкретных новаций будет более эффективным.

Это связано с тем, что создание или совершенствование технологического объекта предполагает следующую последовательность: постановка цели – определение действия для достижения цели – подбор или создание конкретных технологических средств для реализации данного действия.

Рассматриваемые выше функция и техническая характеристика метода обработки также состоят из определенного числа целей, которые необходимо достигнуть при реализации процесса обработки детали. Следовательно, вопрос выявления всего объема технологических целей и анализ их взаимосвязей с элементами и подсистемами методов обработки является важным. На рисунке 2 показано граф-дерево технологических целей, достигаемых при реализации методов обработки (1).

Технологические цели разбиты на четыре большие группы: образование поверхности детали, технологическое обеспечение, управление и развитие. Цели, достигаемые при образовании поверхности детали, также разделены на три группы, характеризующие обеспечение заданного качества при максимальной производительности труда и минимальных затратах на изготовление.

Цели технологического обеспечения определяют функции, которые необходимо учитывать при выборе и расчете требуемых для изготовления детали способов воздействия на

обрабатываемый материал, обрабатывающего инструмента, кинематических, динамических и статических характеристик метода обработки.



Рисунок 2. Структура технологических целей: 1 – min затрат; 2 – max производительности; 3 - заданного качества детали; А – статистические; В – динамические; С – инструмента; D – кинематические; Е – способа воздействия



Рисунок 3. Граф-дерево целей развития

Цели управления указывают на осуществление управляющих воздействий вышеприведенными характеристиками метода обработки. Группа целей развития (рисунок 3) перекликается в определенной мере с целями при образовании поверхности детали и включает в себя цели, которые характеризуют улучшение качества обработанных деталей, а также повышение других технико-экономических показателей технологических процессов и операций.

При разработке граф-дерева технологических целей был осуществлен процесс квантификации целей, что означает нахождение на висячих вершинах графа количественно определенных целей.

Так как рассмотренные выше цели и структурные элементы технологических объектов (в том числе методов обработки) имеют тесные взаимосвязи между собой, образуется четко ограниченная предметная область бенчмаркинга технологических новаций. При этом использование алгоритма: цель – действие – средство позволяет при нахождении в процессе бенчмаркинга какого-либо прогрессивного устройства, определить действие или физический эффект, на основе которого оно создано. Это, в свою очередь, позволит перейти к этапу усовершенствования найденной новации на основе нахождения других, более эффективных средств реализации вышеуказанного действия.

Модернизацию и внедрение новаций на производстве проводили и проводят такие ведущие предприятия подшипниковой подотрасли как: ЗАО «Томский подшипник», «Проконьевский подшипниковый завод», ОАО «Самарский подшипниковый завод», «Харьковский подшипниковый завод» и другие. В результате предприятия сумели значительно улучшить основные характеристики выпускаемых подшипников, влияющих на качество, в разы снизить количество брака, достигнуть оптимального соотношения энергоэффективности, производительности труда и себестоимости продукции.

На прошедшем в июле 2013 года заседании научно-технического совета НКО «Межреспубликанский концерн «Подшипник» отечественные станкостроители заявили о своей готовности к самостоятельному проведению модернизации станков. Модернизированные станки смогут обеспечивать точностные параметры даже выше паспортных данных и приобретут дополнительные современные функции. По твердому убеждению специалистов, они ни в чём не будут уступать аналогичным западным образцам.

Выводы

На наш взгляд, процессы реинжиниринга подшипниковых предприятий следует проводить также с учётом факторов природопользования или эколого-экономических факторов, подробно описанных в работе [2]. Оценка экологических аспектов максимально увеличит эффективность проводимых модернизационных мероприятий на всех предприятиях, так как учитывает экологичность всех этапов жизненного цикла выпускаемого продукта, произведенного на оборудовании, подвергнутом реновациям, а также степень воздействия технологий на окружающую среду. Это позволит четко определить наилучшие из доступных технологий производства подшипников и, как следствие, двигаться в направлении рационального потребления ресурсов и перехода к замкнутой схеме вещественно-энергетических циклов, не только позволяющих комплексное использование материалов, полуфабрикатов и иных ресурсов, но и обеспечивающих дополнительную прибыль.

Литература

1. Кравцова В.И., Аленина Е.Э., Тришкин А.Г. Обеспечение устойчивого роста конкурентоспособности в результате модернизации России на инновационной основе. - Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. – М., МГТУ «МАМИ», 2011.
2. Технологические процессы машиностроительного производства: учебное пособие / В.А. Кузнецов, А.А. Черепяхин, И.И. Колтунов – М.: ФОРУМ, 2010. – 528 с.
3. Платко А.Ю. Основы устойчивого развития автомобильной промышленности на базе эколого-экономической оценки инноваций. Монография. – М.: ФОРУМ, 2013 – 201 с.