

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ И ОПТИМИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проф. МАХАРИНСКИЙ Е. И., ст. преп. МАХАРИНСКИЙ Ю. Е. (ВГУ)

При исследовании и проектировании технических систем (ТС), как правило, выделяют три группы факторов: качество ТС, условия функционирования ТС, способы использования (применения) ТС. Качество технических средств достаточно полно определяется как совокупность полезных, с точки зрения целевого назначения, свойств этих средств.

Показатели функциональной и технической эффективности определяют полезный эффект при эксплуатации системы, а также прогрессивность технических решений, заложенных в нее. Для технологических систем эти показатели принято называть эксплуатационными. Понятие эффективность относится к операции. Эффективность операции -- степень соответствия реального результата операции желаемому и рассматривается только с позиции надсистемы. Потенциальная эффективность операции, определяется как эффективность операции при идеальном способе использования активных средств, т.е. выборе лучшей стратегии. Потенциальная эффективность операции зависит лишь от качества активных средств.

Говоря об эффективности ТС, имеют в виду эффективность использования ее в качестве активного средства в типовой операции, для проведения которой предназначена эта система. В прикладных исследованиях эффективности ТС обычно приходится решать проблемы: 1) оценки эффективности операции с использованием ТС (проблема оценки); 2) выбора рационального способа (стратегии) использования технических средств (систем) в операции (проблема выбора и управления).

Оценка эффективности операции заключается в выработке так называемого оценочного суждения на основе измерения (оценивания) уровня эффективности операции при помощи функциональных и экономических критериев предпочтения. Первые характеризуют качество выполнения заданных функций рассматриваемой ТС, а вторые -- определяют экономиче-

скую целесообразность реализации требуемых функций с помощью рассматриваемой ТС.

Наиболее часто используются следующие функциональные критерии (показатели): показатели производительности, показатели точности и показатели надежности.

Эффективность операции в технике оценивается с целью решения следующих задач: 1) принятия решения относительно допустимости практического использования оцениваемого способа действий в той или иной ситуации; 2) выявление вкладов (эффектов) различных факторов в общую эффективность операции, влияния взаимодействий факторов на эффективность; 3) установление путей повышения эффективности операции (выявления резервов эффективности).

Объектом системного анализа в данной работе являются такие технические системы (ТС), как технологическое оборудование и процессы, используемые в машиностроении (в частности процесс плоского шлифования), легкой и текстильной промышленности. Для них показатели качества логично относить к свойствам: сырья, технологической машины, инструмента, технологической оснастки, продукта и отходов. Кроме того, так как показатели эффективности технологического процесса, выполняемого на любом технологическом оборудовании, существенно зависят от управления (в широком смысле), то следует также рассматривать вопросы качества и оптимизации алгоритмов управления.

Сырье, которое перерабатывается ТС, обладает набором физических и технологических свойств, а также свойствами, отличающими его от продукта. Таким образом, показатели свойств сырья можно разбить на следующие классы: 1) показатели физических свойств (прочности, жесткости, теплопроводности, размеры и т.д.); 2) показатели технологических свойств (например, показатели обрабатываемости резанием); 3) показатели требуемых изменений сырья (разница в форме, размерах, твердости и внутренней конфигурации материала сырья и продукта его переработки).

Любой показатель в общем случае является случайной величиной. Поэтому его значение должно оцениваться средним значением P_{cp} и допустимым полем рассеяния $\omega(P)$. Выход значения показателя за границы допустимого поля рассеяния будем считать дефектом. Дефект может быть допусти-

мым, когда он позволяет переработать сырье, но с добавочными затратами ресурсов, и недопустимым, когда сырье невозможно переработать.

Показатели технологических свойств зависят от показателей физических свойств и способа воздействия на сырье. Т.е. каждому технологическому процессу (методу или способу переработки сырья) соответствует своя технологическая проба. Например, технологическим показателем качества материала для листовой штамповки является предельная глубина вытяжки или предельный угол изгиба (без трещин), полученные в стандартных условиях. В качестве другого примера можно привести основную характеристику обрабатываемости материала резанием определенным видом инструмента -- скорость резания V_{60} , при которой стойкость рассматриваемого инструмента будет равна в среднем 60 мин.

В качестве характеристики обрабатываемости при шлифовании и заточке часто применяют "удельную производительность" -- отношение объемов сошлифованного с заготовки материала и продуктов износа шлифовального круга. Технологической характеристикой процессов вязания трикотажных изделий и пошива является обрывность -- число обрывов нити на определенной длине ее уработки.

Общим недостатком таких технологических показателей является их недостаточная информативность. Определенные в стандартных условиях, они не могут характеризовать поведение сырья в других условиях. И такая ограниченность этих показателей не позволяет использовать их для оптимизации технологического процесса.

Но науке и практике известны параметры эмпирических моделей, почему-то не относящиеся ни к показателям качества, ни к технологическим показателям, но которые позволяют оптимизировать технологический процесс. Так, например, параметры известных эмпирических моделей токарной обработки $V = f(T, t, s)$ и $P = f(t, s)$, где V -- скорость резания; T -- стойкость (долговечность) резца; t -- глубина резания; s --подача; P -- сила резания; позволяют определить оптимальную по производительности или по затратам денег (если известны некоторые дополнительные сведения) скорость резания и, следовательно, оптимальные значения функциональных показателей качества токарной обработки. Однако, такие модели для многих

процессов либо неизвестны, либо не годятся, так как данный процесс обработки, например шлифованием, на много сложнее, чем точение.

Простая оценка эффективности операции с помощью обычных критериев предпочтения вряд ли на прямую позволит установить резервы ее повышения и выявить резервы функциональных возможностей технических средств, используемых в данной операции. Такая оценка позволяет сравнивать новую и базовую системы при конкретных (далеко не всегда оптимальных) стратегиях управления.

Особого рассмотрения требует такой важный показатель качества, как надежность, которая по определению является сложным свойством, характеризуемым набором следующих показателей: безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Во первых, следует отметить, что показатели безотказности и долговечности функционально связаны между собой. То есть, если известна такая форма представления показателя безотказности, как зависимость вероятности отказа от времени работы системы (от начала или после восстановления), то очень просто вычислить значение показателя долговечности при заданном уровне доверительной вероятности. Следовательно, в данном случае нарушен принцип независимости показателей качества и от показателя долговечности можно как бы отказаться. Аналогично, если известна характеристика ремонтпригодности (закон распределения затрат времени на восстановление), то показатель готовности также легко вычисляется. Таким образом по отношению к показателям надежности (а также по отношению к другим показателям качества) следует различать исходные показатели качества, которые можно определить только экспериментально, и вычисляемые, которые можно вычислить, если известны уровни исходных.

Очень часто значения исходных показателей качества зависят от условий их определения. Например, при измерении такого показателя качества материала, как твердость, наблюдается существенное влияние силы вдавливания P на эту характеристику. Чтобы сделать число твердости инвариантным по отношению к силе вдавливания P , принимают $P > P_0$. Но при этом теряется часть информации, важная для процессов изнашивания. Аналогичная картина имеет место при измерении твердости шлифовальных кру-

гов на вулканитовой связке путем вдавливания подогретого конуса и при измерении твердости шлифовальных кругов на керамической связке с помощью пескоструйного прибора.

Во вторых, следует отметить, что в основном показатели надежности относятся к технологической операции в целом. Но в операции кроме технологической машины и инструментов принимает участие и сырье, которое может перерабатываться на разных режимах. А отказ (прекращение функционирования или выход уровня показателей качества продукта за допускаемые пределы) может произойти по "вине" любого из указанных компонентов операции.

Связи между показателями качества сырья и режимами его переработки, с одной стороны, и показателями качества продукта -- с другой исследовались в ряде работ, относящихся к технологии машиностроения. В результате было сформулировано понятие "технологическая наследственность" и для различных технологических операций предложена эмпирическая модель ее проявления. Проблема технологической наследственности в легкой и текстильной промышленности практически не исследовалась. Но и в машиностроении осталось много не выясненных вопросов по этой проблеме.

В технологическом процессе, который реализуется на любом технологическом оборудовании, сырье является неременным компонентом технологической системы, правда почти всегда только пассивным и изменяющим свою конфигурацию под действием ее рабочих органов. Можно утверждать, что показатель надежности технологической операции зависит от свойств технологической машины, инструмента, подсистемы управления и сырья, а также режимов работы и стратегии управления. Все перечисленные компоненты технологической системы (технологического процесса) кроме сырья являются активными, их изначальные свойства желательно сохранить и поэтому к ним приложимы понятия и показатели надежности их работы. Сырье же в технологическом процессе подвергается преобразованию, изменению и поэтому к нему в процессе производства нельзя применять категории надежности. Но если сырье условно тоже считать активным компонентом технологического процесса, а отказ по "вине" сырья считать отказом сырья, то появится дополнительная возможность к анализу и исчисле-

нию надежности технологического процесса, как системы, компоненты которой (включая сырье) соединены (в смысле надежности), например, последовательно. Тогда коэффициент готовности технологической операции K_g можно определить по формуле

$$K_g = K_{g_m} K_{g_i} K_{g_y} K_{g_c},$$

где K_{g_m} , K_{g_i} , K_{g_y} , K_{g_c} -- коэффициенты готовности соответственно машины, инструмента, подсистемы управления и сырья.

Отказом сырья в таких ситуациях можно считать недопустимое отклонение показателей его конфигурации от номинального уровня, делающее невозможным переработку сырья в продукт. Эти отклонения могут быть заложены в самом сырье (недопустимое отклонение формы заготовки, перерабатываемой в деталь) или возникать в технологическом процессе (искажение формы заготовки под действием сил зажима или резания, изменение структуры подповерхностного слоя под действием температуры в зоне резания).

В некоторых случаях сырье (заготовка) является активным компонентом технологического процесса, частично беря на себя функции направляющих или энергетических комплексов (компонентов) технологической машины. Например, при нарезании резьбы метчиком или плашкой заготовка сама обеспечивает осевую подачу инструмента.

Выполненный выше анализ позволяет поставить задачи дальнейших исследований по общим и частным проблемам качества техническими системами. 1) Общей проблемой оценки качества технических систем, является сокращение множества показателей качества путем выделения исходных и производных (вычисляемых) и последующая их классификация со строгим выполнением принципа независимости показателей качества. 2) В качестве исходных показателей качества сырья и инструмента использовать параметры моделей зависимости технологических свойств сырья и инструмента от условий их определения и с учетом стохастического характера свойств и процессов. На основании разработанного системного подхода к проблеме оценки качества для процесса плоского шлифования: а) разработана общая теория экспресс-методов экспериментальной оценки показателей качества с использованием в частности переходных процессов; б) разработаны алгоритмы и программное обеспечение для обработки результа-

тов экспресс-экспериментов; в) разработаны оптимальные стратегии управления рабочим циклом технологической системы.

Полученные решения будут полезным проектным организациям, проектирующим технологическое оборудование для машиностроения (плоскошлифовальные и заточные станки), так как они помогут сделать правильный выбор технического решения, направленного на усовершенствование прототипа (эксплуатируемая система, показатели качества которой не удовлетворяют общество в новых условиях).

ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдучевский (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1989. Т. 7. Качество и надежность в производстве. / Под ред. И.В. Апполонова.

2. Надежность технических систем: Справочник / Под общей ред. И.А. Ушакова, М.: Машиностроение, 1985.

3. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. РД 50-149. М.: 1979.

4. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1985.