

УДК 621.002

Л.М. Богданова, канд. техн. наук

Донбасская государственная машиностроительная академия

ул. Шкадинова, 72, г. Краматорск, Украина, 84313

kit@dgma.donetsk.ua

В.В. Гусев, доцент, д-р техн. наук

Донецкий национальный технический университет

ул. Артема, 58, г. Донецк, Украина, 83000

mc@mech.dgtu.donetsk.ua

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В статье проанализирована связь показателя эффективности работы технологической системы токарной обработки на тяжелых станках с характеристикой процесса ее восстановления (группой стабильности производства) и надежностью режущего инструмента.

Ключевые слова: *технологический процесс, технологическая система, вероятность восстановления технологической системы, параметры эффективности, производительность обработки.*

Технологический процесс (ТП) механообработки это не только процесс резания, но и восстановления технологической системы (ТС) с участием станочника. При этом большинство производственных процессов следует рассматривать как стохастические. Лишь с определенной вероятностью можно говорить, что ТП будет выполнен в заданное время, за которое может произойти отказ инструмента или изготовленная деталь будет забракована. Воздействие случайных факторов вызывает рассеяние таких выходных параметров ТП, как: точность обработки, экономические показатели, производительность. Особенное значение вопросы надежности ТП приобретают при обработке дорогостоящих, крупных деталей, имеющих поверхности большой протяженности.

Анализ проблемы показал следующее:

Хорошо разработаны модели для оценки надежности отдельных элементов, хуже – для всей ТС как целостной системы. Уровень и вид ТС являются определяющими признаками для выбора показателей надежности и методов их оценки. Наиболее часто используемыми являются следующие показатели: вероятность восстановления и коэффициент готовности. Хорошо описаны показатели долговечности и безотказности элементов ТС. Значительно меньше работ по оценке ремонтпригодности ТС в аспекте ее восстанавливаемости.

Математические модели описания систем достаточно развиты. Наиболее подходящими являются модели, одновременно обладающие свойствами описательности и оцениваемости: моделирующие вероятностно-временное развитие процесса обобщенно (с учетом всех принципиально возможных реализаций); моделирующие отдельно каждую возможную индивидуальную реализацию процесса. К первому классу относятся сети PERT, GERT, F-сети, ко второму – все разновидности метода статистических испытаний, включая метод GPSS.

Цель работы – оценка функционирования ТС механообработке деталей на крупных токарных станках.

Для этого выполнялись следующие этапы работы: сбор данных о предметной области, создание модели ТС, установление параметров модели, имитационное моделирование ТС разных конфигураций для оценки адекватности модели и определение регрессионных зависимостей влияния входных параметров на показатель эффективности модели.

В соответствии с подходами функционально-структурной теории параметры, применяемые для оценки ТС, делятся на два класса [1]:

базовые характеристики, которыми обладают элементы ТС по своей природе;

функциональные характеристики, которыми обладают процессы, реализуемые системой или ее элементами.

Функциональные характеристики делятся на две группы: параметры степени совершенства процессов функционирования – качество функционирования и характеристики результативности функционирования – эффективность функционирования.

В идеальном случае, когда процесс функционирования правильно запланирован и обеспечен необходимыми ресурсами, а при его выполнении не происходит отказов и ошибок, качество функционирования определяется единственным и главным свойством системы – ее производительностью. В общем случае нужно учитывать еще функциональность и надежность функционирования (рисунок 1), которые влияют на эффективность прямо, а также через изменение

уровня производительности. Функциональность может трактоваться как надежность планирования и обеспечения [1].

В качестве показателя эффективности функционирования системы принята степень достижения ею поставленной цели на основании единого показателя – вероятности достижения цели, что в нашем случае означает вероятность обработки поверхности детали в срок (VEND). Процесс функционирования включает этапы: планирование, подготовку, исполнение. Для получения зависимостей и расчета показателя эффективности (VEND) представим схему (рисунок 1) в виде графа (рисунок 2), где дуги отображают логические взаимосвязи событий с заданными вероятностями исходов. Уровни графа соответствуют последовательности составляющих: А – система должна иметь принципиальную возможность выполнения данной функции; Б – обеспеченность системы ресурсами; С – выполнение заданной функции с заданными ограничениями; Д – контроль характеристик процесса выполнения всей совокупности функций.

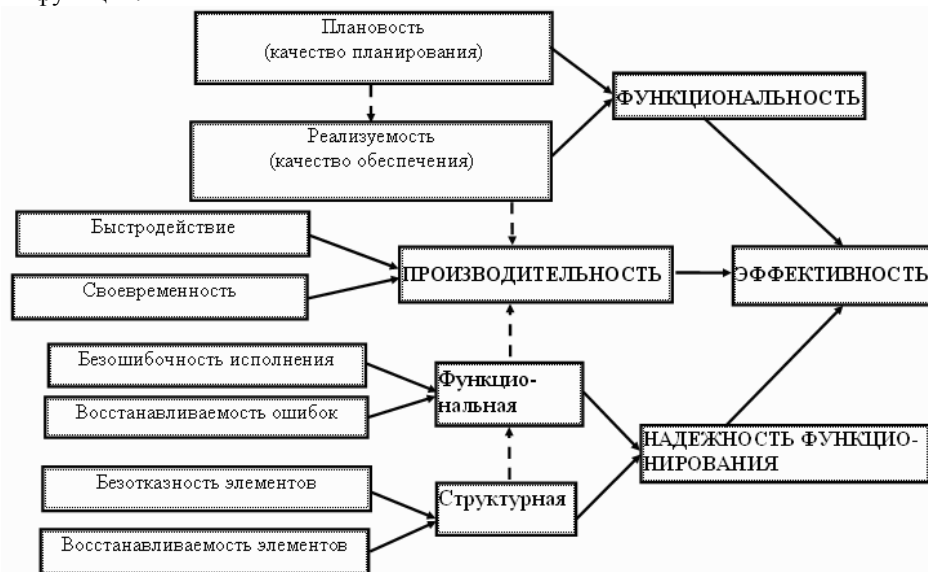


Рисунок 1 – Структура свойств, определяющих эффективность и качество функционирования исследуемой технологической системы

Начиная от корневой вершины, которая соответствует начальным условиям процесса, осуществляется ветвление согласно всем возможным исходам (полная группа несовместных событий). Так для уровня С возможны исходы: В11 – вероятность выполнения функции с заданными требованиями (обработка поверхности детали в срок, отказавший инструмент заменяют новым); В00 – вероятность невыполнения функции хотя бы по одному ограничению (например, поломка инструмента с внедрением твердого сплава в деталь, вызвавшая брак детали); В10(В01) – вероятность выполнения (невыполнения) функции с заданными требованиями и противоположная информированность об этом относительно заданной функции, тогда $V00 + V01 + V10 + V00 = 1$.

Обозначения на графе: П11(П00) – вероятность наличия требуемых условий для принципиальной возможности выполнения данной функции и правильная информированность об этом; П10(П01) – вероятность наличия (отсутствия) условий и противоположная информированность; Р11(Р00) – вероятность полного (неполного) ресурсообеспечения ТС и правильная информированность об этом; Р10(Р01) – вероятность полного (неполного) ресурсообеспечения и противоположная информированность; К11(К00) – вероятность безошибочного (с ошибкой) контроля процесса выполнения всей функции и правильная информированность об этом; К10(К01) – вероятность безошибочного (с ошибкой) контроля процесса выполнения всей функции и противоположная информированность. З0 – завершение со скрытым дефектом, Н(Н0) – основная операция начата неправильно (ошибочно опознана как неправильная), С(С0) – перерыв из-за фактического (ошибочного) обнаружения организационного отказа, П(П0) – прерывание из-за фактического (ошибочного) обнаружения ошибки в процессе, Б(Б0) – фактически (ошибочно) безрезультатное окончание функции, У – успешное окончание функции. Основной анализ в работе связан с процессом восстановления ТС на уровне операции [3]. Поэтому принято, что станочник информирован без ошибок и контролирует процесс безошибочно ($K11 = 1$), этап планирования (А) проведен правильно, что соответствует $P11 = 1$, ресурсообеспечение полное ($R11 = 1$) При этих допущениях вероятность успешного достижения цели VEND (F11) определится через условные вероятности:

$$F11 = F11 = P11 \cdot R11 \cdot B11 \cdot K11. \quad (1)$$

Тогда вероятность неуспешного выполнения процесса определится:

$$F00 = P00 + П11 \cdot P00 + П11 \cdot P11 \cdot B00 + П11 \cdot P11 \cdot B11 \cdot K00. \quad (2)$$

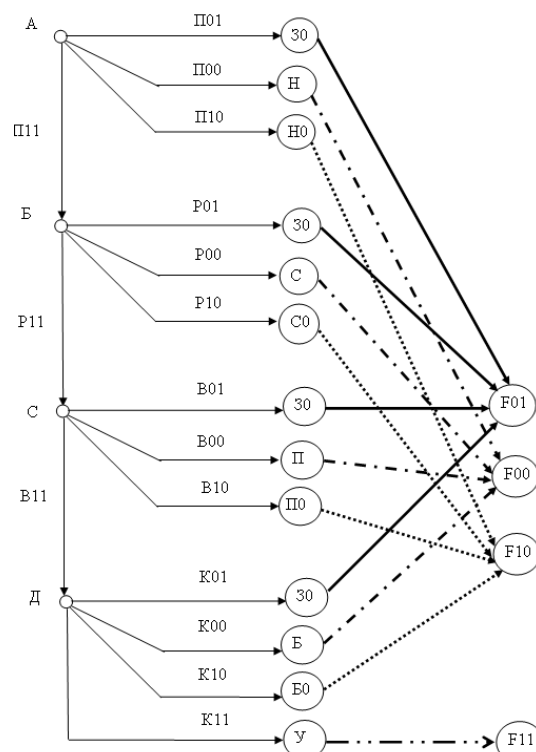


Рисунок 2 – Логико-вероятностная схема выполнения заданной функции

Для определения $B11$ проанализированы такие составляющие процесса обработки, как восстановление и техническое обслуживание ТС, а также отказы инструмента [2].

Исследуемая предметная область характеризуется параметрами, связанными с природой ТС и ее техническими показателями, окружающей средой и ее потребностями, видом человеческой деятельности, связанной с типами задач, решаемых с помощью ТС, источником которых является предмет труда. Для получения данных о предметной области с целью дальнейшего их использования при имитационном моделировании собиралась первичная информация, структура которой приведена на рисунке 3.

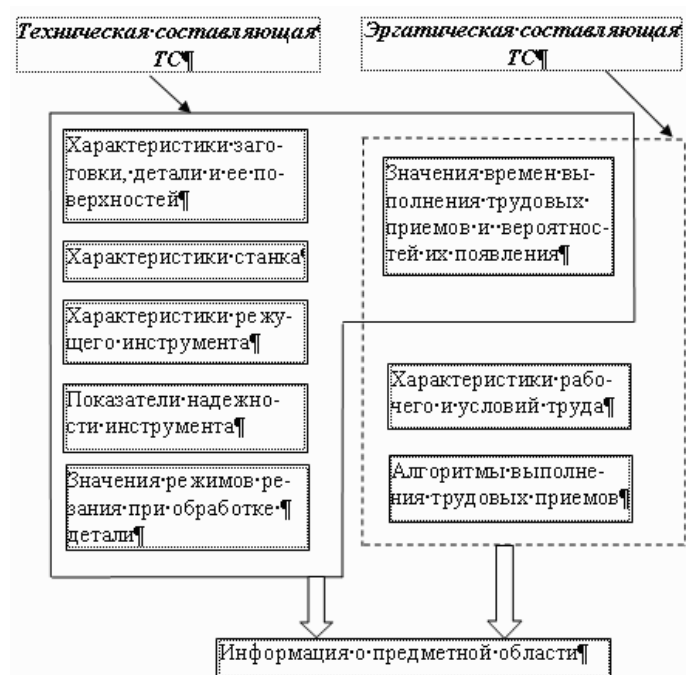


Рисунок 3 – Структура информации о ТС

При имитационном моделировании в среде GPSS входными переменными модели приняты: параметры потока отказов инструмента (коэффициент вариации стойкости W), доля регулярных действий во времени восстановления ТС, обозначаемая как группа стабильности (GR), стойкость резца (Т). Выходными переменными, оценивающими качество функционирования системы, приняты: производительность обработки (Р), информационная нагрузка на рабочего (IN), коэффициент готовности ТС (Kг). Эффективность оценивалась показателем вероятности завершения обработки поверхности в срок (VEND).

Статистика, собранная в результате прогонов модели, обрабатывалась в программе STATISTICA. В результате анализа результатов моделирования получены функции распределения для времени обработки заданной поверхности валка рабочего для различных групп стабильности обработки и на их основе определен показатель вероятности завершения перехода в срок (B11), например, γ_5 для группы стабильности 5 (кривая 5). В качестве базы принималась функция распределения для случая, когда нерегулярная составляющая времени восстановления ТС отсутствовала (группа стабильности 1, кривая 1), при вероятности завершения $\gamma_1 = 90\%$ (рисунок 4).

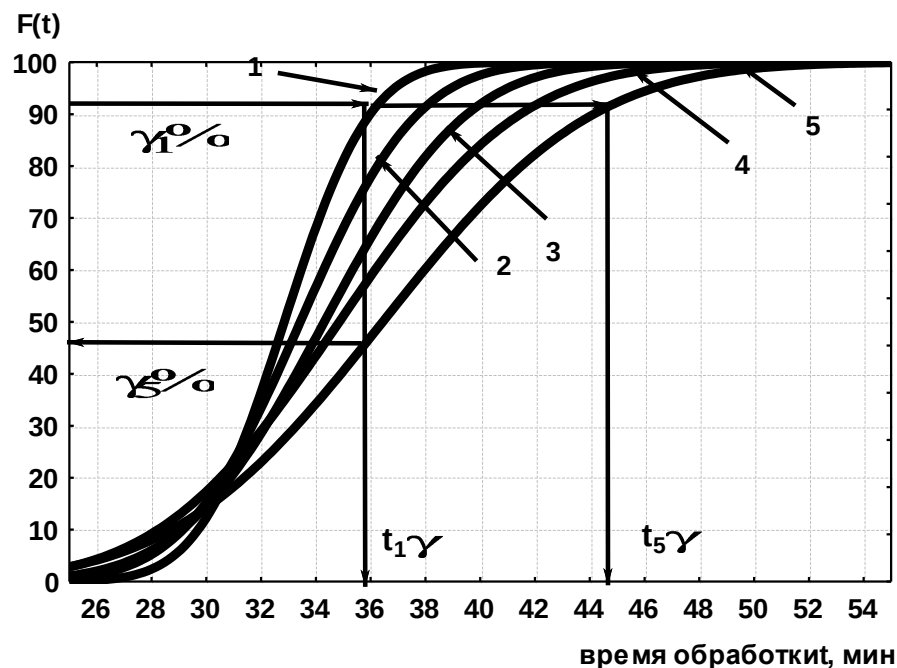


Рисунок 4 – Определение вероятности завершения перехода в срок с помощью функции распределения длительности перехода

Зависимости имеют параметры:

$F1 = \text{INormal}(x; 32,8456; 2,4487); F2 = \text{INormal}(x; 33,4336; 3,3432);$

$F3 = \text{INormal}(x; 34,3094; 4,0662); F4 = \text{INormal}(x; 34,8456; 5,1638);$

$F5 = \text{INormal}(x; 36,4427; 6,0117), r < 0,005.$

Затем рассчитывался показатель эффективности VEND на основании формулы (1).

Для анализа совместного влияния нескольких управляемых переменных на параметры эффективности и определения области значений факторов, в которых исследуемый параметр принимает максимальное или минимальное значение, используем график поверхности отклика (рисунок 5).

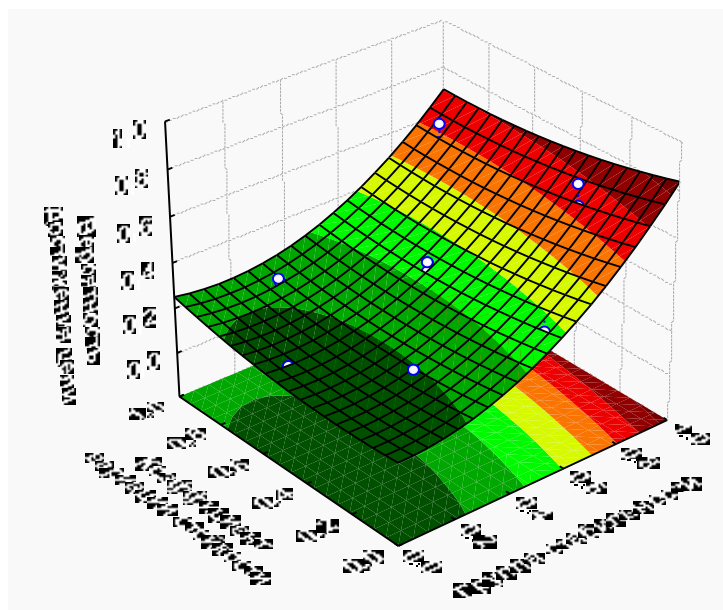


Рисунок 5 – Поверхность отклика зависимости вероятности достижения цели от коэффициента вариации стойкости резца и группы стабильности его свойств

По данной работе можно сделать следующие выводы:

1. Установлена и количественно оценена связь показателя эффективности работы ТС от надежности резца и характеристики процесса восстановления ТС – группы стабильности обработки. Для обеспечения максимальных значений показателя эффективности потребуется высокое качество всех составляющих системы, более высокая культура производства, качественная технологическая подготовка производства.

2. Предложенный в работе метод анализа функционирования ТС может использоваться для различных конфигураций ТС.

В дальнейшем планируется использование метода анализа функционирования ТС при разработке систем автоматизации процесса технологической подготовки производства.

Библиографический список использованной литературы

1. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем / А.И. Губинский. — Л.: Наука, 1981. — 252 с.
2. Синопальников В.А. Надежность и диагностика технологических систем: учеб. пособие для вузов / В.А. Синопальников, С.Н. Григорьев. — М.: Высшая школа, 2005. — 344 с.
3. Зуева Л.М. Оценка параметров эффективности технологической системы по обработке валков / Л.М. Зуева (Л.М. Богданова) // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. — Краматорськ-Київ: ДДМА, 2008. — Вип. 23. — С. 248–254.

Поступила в редакцию 8.06.2010 г.

Богданова Л.М., Гусев В.В. Оцінка ефективності функціонування технологічної системи.

У статті проаналізовано зв'язок показника ефективності роботи технологічної системи токарної обробки на важких верстатах з характеристикою процесу її відновлення (групою стабільності виробництва) та надійністю ріжучого інструменту.

Ключові слова: технологічний процес, технологічна система, вірогідність відновлення технологічної системи, параметри ефективності, продуктивність обробки.

Bogdanova L.M., Gusev V.V. Estimating the efficiency of a technological system's functioning

The article contains analysis of a connection between the operating efficiency parameter for the technological system of machining using heavy lathes and the characteristic of its recovery process (production stability group) and reliability of a cutting tool.

Keywords: technological process, technological system, probable recovery of a technological system, parameters of efficiency, processing productivity.