

Л.В. Нечволода

Славянский колледж Национального авиационного университета, г. Славянск

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЦЕССА МЕТАЛЛООБРАБОТКИ КАК ОБЪЕКТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация

Нечволода Л.В. Разработка модели процесса металлообработки как объекта технико-экономического управления на машиностроительном предприятии. Разработана и исследована структурно-функциональная схема процесса металлообработки как объекта организационно-технического управления в комплексе с информационным пространством предприятия. Разработана модель производственной среды как линейного звена сложной многосвязной системы автоматизированного управления в канале преобразования «Затраты на техническое переоснащение – производительность оборудования». Предложена структурная схема системы управления производственной средой и формированием затрат на техническое переоснащение.

Ключевые слова: *машиностроительное предприятие, техническое переоснащение, система автоматизированного управления, передаточная функция, нечеткий процесс принятия решений.*

Постановка задачи в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями.

В ходе замены металлообрабатывающего оборудования, принятия решения о взятии в аренду или модернизации действующего оборудования, мероприятия по техническому переоснащению предприятия [1] нужно рассматривать как управление предприятием и, соответственно, управляющие воздействия для данной организационно-технической системы необходимо планировать и реализовывать с использованием модели объекта управления и с учетом функциональной оптимальности или эффективности работы предметной области.

Современное металлообрабатывающее производство характеризуется двумя основными тенденциями при изготовлении изделий: обработкой давлением (при помощи прокатных станов, молотов и прессов) и обработкой резанием (токарной, строгальной, фрезерной, сверлильной, расточной, шлифовальной и прочими операциями). Процесс обработки резанием (давлением) является важнейшим процессом, реализуемым в ходе машиностроительного производства с точки зрения расходов на приобретение оборудования, проведение ремонтов и обслуживание, заработную плату и переподготовку персонала. Соответственно элементы этого процесса прежде всего требуют грамотного и эффективного управления техническим переоснащением машиностроительного предприятия.

Рассмотрим процесс обработки (ПОбр) резанием (давлением) как объект управления. Общая структурно-функциональная схема процесса металлообработки как объекта технико-экономического управления приведена на рисунке 1. Производственными источниками внешних по отношению к ПОбр управляющих и возмущающих воздействий являются сущности «Информационное пространство предприятия (ИПП)» и «Обслуживающий персонал», а порождающими входные сигналы процессами – процессы конструирования изделия, конструирования технологии обработки и разработки программного обеспечения для числового программного управления (ЧПУ). В цепи обратной связи системы

автоматизированного управления (САУ) располагается процесс «Оценка параметров процесса с помощью информационно-измерительных систем», позволяющий ИПП на основании заданий входа САУ в виде заказов на изделие и стратегических целей развития, мотивов деятельности, состояния внешней технической и экономической среды, корректировать рассогласование «Задание на изготовление» на входе процесса «Конструирование изделия».

Основными входами ПОбр являются управляющие и возмущающие воздействия (УВВ), поступающие от процесса «Конструирование технологии»: требуемая геометрия детали и припусков; материал и исходная поверхность детали и инструмента; смазочно-охлаждающая среда. В процессе разработки программ ЧПУ эти УВВ преобразуются в управляющие программы, задающие формообразующую траекторию, подачу инструмента и скорость резания (давления), которые управляют работой исполнительных устройств ПОбр. В ходе отработки соответствующими звеньями конструкторского и технологического задания меняются значения переменных состояния: степень износа оборудования; скорость съема металла (формообразования давлением); формообразующее движение; взаимное расположение системы станок-инструмент-деталь; вектор текущих параметров слоя припуска; распределение силы резания (давления).

Целью статьи является разработка модели процесса металлообработки как объекта технико-экономического управления, идентификация модели процесса преобразования затрат на техническое переоснащение в производительность оборудования на основе экспериментальных данных реального машиностроительного производства и проектирование обобщенной структуры САУ, оптимизирующей функционирование процесса обработки путем смены закона формирования затрат на техническое переоснащение.

Более сложное и опосредованное влияние на ПОбр, в основном, в канале обратной связи, оказывает сформированный по итогам разработки и выполнения технологии и управляющей программы выход сущности «Обслуживающий персонал» - часть вектора УВВ: трудовые затраты; сложность (интенсивность) работ; навыки и умения персонала, которые влияют на параметры звеньев ПОбр.

Входы, поступающие от процессов конструирования изделия, конструирования технологии обработки и разработки программ ЧПУ, также как и взаимовлияние компонент звеньев прямого канала ПОбр, порождают обратные связи и дополнительные возмущающие воздействия со следующими факторами воздействия: параметры эквивалентной упругой системы станок-инструмент-деталь; запаздывания (при отработке заданий, транспортные, при простоях оборудования); параметры смазочно-охлаждающей среды, возмущающее влияние входных воздействий [2]. Эти факторы на рисунке 1 представлены как переменные состояния обратного канала распространения материальных и информационных потоков в ПОбр.

Таким образом, с точки зрения теории автоматического управления, ИПП совместно с процессами конструирования изделия, конструирования технологии обработки и разработки программ ЧПУ, которые она поддерживает, информационными связями, не приведенными на рисунке 1, а также обслуживающим персоналом, входят в состав регулятора САУ. Эта система выполняет входное задание (заказ на изготовление) и вырабатывает управляющие воздействия в виде заданий на изготовление, конструкторской и технологической документации, управляющих программ и органолептических воздействий персонала.

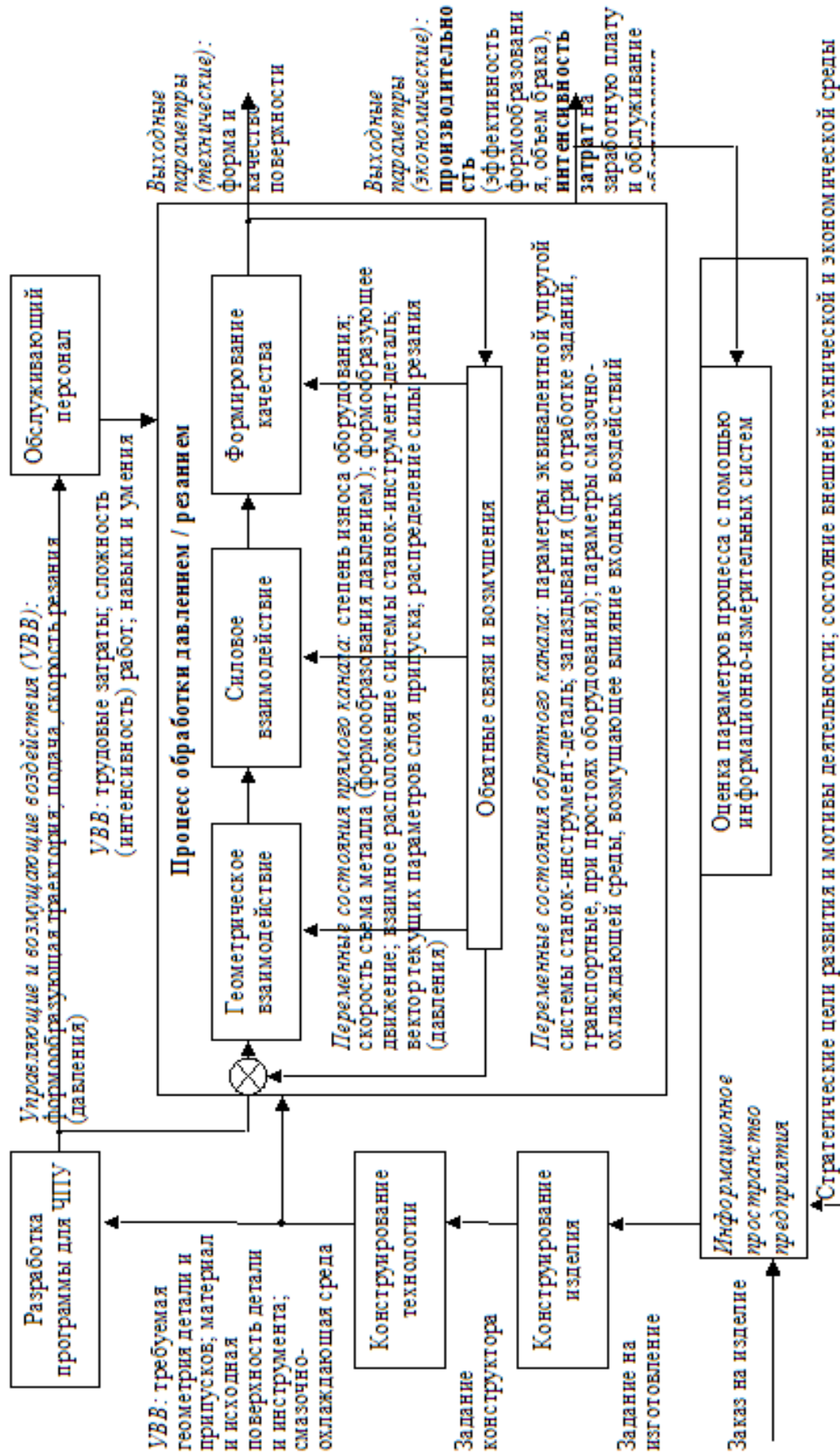


Рисунок 1 - Структурно-функциональная схема процесса металлообработки как объекта технико-экономического управления

Кроме того, управляющий персонал в такой трактовке является исполнительным звеном, порождающим ряд возмущающих воздействий вследствие присутствия человеческого фактора, что подразумевает неоднородность навыков и умений, интенсивности работ и приложения внимания. Это может приводить к ускоренному износу оборудования и более частому возникновению брака.

Ограничим рассмотрение предметной области. В качестве сложного многосвязного объекта управления, ПОбр с точки зрения связей между его параметрами его функционирования можно рассмотреть как звено с входным сигналом «Затраты на приобретение и обслуживание» (затраты на обслуживание, плановые и аварийные ремонты, и расходы на модернизацию, аренду или замену оборудования.) и выходным сигналом «Производительность оборудования» (при всех прочих равных условиях). Импульсную переходную функцию данного звена вследствие больших затрат на проведение активных экспериментов мы можем получить только по итогам изучения производственных параметров в рабочих режимах функционирования. Исследования, проведенные на машиностроительном предприятии «Открытое акционерное общество «Энергомашспецсталь» в ходе эксплуатации металлообрабатывающих станков, в частности, горизонтально-расточных станков 2Б660Ф2, токарно-карусельных КУ64Ф1, токарно-винторезных станках 1А665, дали возможность построить экспериментальные зависимости затрат $S(t)$ от времени эксплуатации станков с момента их закупки. Эти зависимости являются результатом обработки отсчетов пассивных наблюдений за изменением сумм затрат в условных денежных единицах за период от начала эксплуатации нового оборудования до его модернизации или замены его на другое с более высоким уровнем производительности, используемых технологий обработки и систем управления процессом обработки.

При этом на затраты, рассчитываемые нарастающим за месяц эксплуатации итогом, влияли различные слабо учитываемые или неучтенные факторы. Поэтому в ходе регрессионного анализа был использован большой массив данных по результатам эксплуатации станочного оборудования в различных условиях, а затраты учитывались в единицах, нормализованных относительно диапазонов затрат по каждому виду оборудования, и отсчеты были масштабированы по соответствующим периодам эксплуатации. Нормализация также проводилась с учетом относительных цен на оборудование и комплектующие, изменений стоимости рабочей силы и расходных материалов и заготовок, для снижения влияния абсолютных значений затрат на качество анализа и точность.

Адекватность моделей проверялась по критерию Фишера. Выбор наилучшей модели из класса исследуемых моделей, аппроксимирующей результаты пассивного эксперимента, осуществлялся методом наименьших квадратов. Наилучшей моделью для аппроксимации затрат в период их нарастания была признана модель вида $S(t) = ate^{bt}$, где a и b - коэффициенты, зависящие от многих факторов, а общий вид зависимости приведен на рисунке 2.

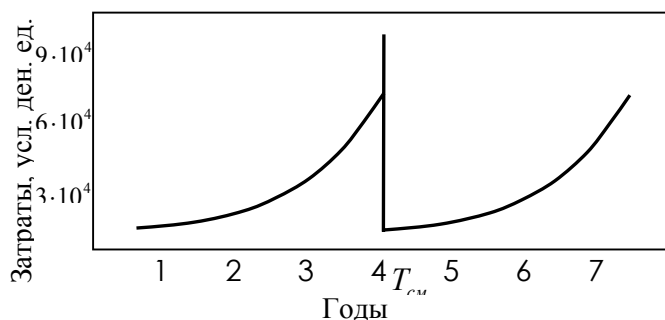


Рисунок 2 - Затраты в зависимости от времени

В период нарастания затрат на обслуживание и ремонт в ходе износа оборудования, в момент смены оборудования и сразу после смены эти затраты составят:

$$S = \begin{cases} ate^{bt} + S_{fix}, & \text{если } t < t_0 + nT_{см}; \\ S_{см}, & \text{если } t = t_0 + nT_{см}; \\ S_{fix}, & \text{если } t = (t_0 + nT_{см}) + \delta, \end{cases} \quad (1)$$

где $S_{см}$ - затраты на смену оборудования или закупку комплектующих для модернизации; S_{fix} - фиксированные затраты на обслуживание, независимые от состояния оборудования; δ - малая величина времени; a и b - коэффициенты, зависящие от технологической и экономической ситуации.

Аналогично анализировалась зависимость производительности оборудования от времени эксплуатации и мероприятий технического переоснащения МП. Производительность определялась как величина, пропорциональная себестоимости произведенной продукции нарастающим за месяц итогом, выраженная в условных денежных единицах и нормализованная и масштабированная аналогичным вышеизложенному способом. Наилучшей моделью была признана модель вида $P(t) = P_{max} - (ce^{dt} - fe^{-gt})$, где c , d , f и g - коэффициенты, зависящие от различных факторов.

Выходной сигнал рассматриваемого звена (производственной среды) с точки зрения экономических факторов, производительность оборудования $P(t)$, зависящая от времени его эксплуатации, имеет вид, представленный на рисунке 3.

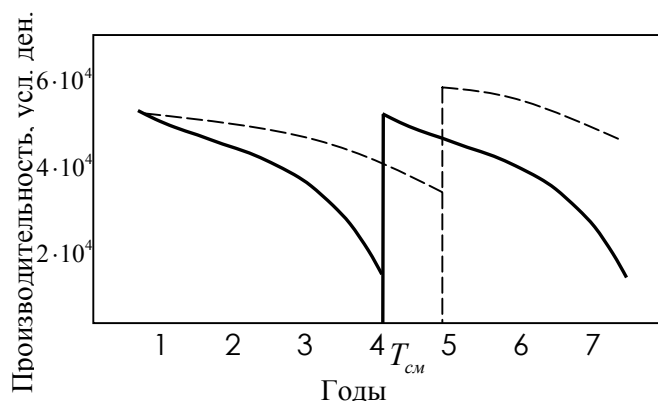


Рисунок 3 – Зависимость производительности оборудования от времени его эксплуатации. Штриховая линия – желаемая зависимость (цель управления состоянием оборудования)

В ходе износа вследствие изменений в упругой системе станок-инструмент-деталь и, соответственно, качества изделий, увеличения брака и т.п. производительность снижается. В момент замены оборудования или простоя вследствие модернизации производительность резко падает, а саму зависимость можно представить таким образом:

$$P = \begin{cases} P_{max} - (ce^{dt} - fe^{-gt}), & \text{если } t < t_0 + nT_{см}; \\ 0, & \text{если } t = t_0 + nT_{см}; \\ P_{max}, & \text{если } t = (t_0 + nT_{см}) + \delta, \end{cases} \quad (2)$$

где P_{max} - производительность сразу после ввода в эксплуатацию подвергнутого ремонту, модернизации или замене оборудования.

Начальный участок графика, определяемый слагаемым e^{-t} модели, связан с ускоренным износом оборудования вследствие приработки механизмов и выявления проблем с силовой частью и системой управления, с недостаточным уровнем подготовки персонала. В случае замены оборудования этот участок выражен слабее, в случае модернизации, особенно собственными силами предприятия, - сильнее.

Выполним идентификацию передаточной функции оборудования по каналу «затраты - производительность». Используем преобразование Лапласа для функции затрат $L\{e^t\}$, для функции производительности $L\{e^t - e^{-t}\}$, и получим передаточную функцию звена в следующем виде:

$$W(p) = \frac{2(p-1)^2}{(p+1)(p-1)} = \frac{2(p-1)}{p+1}. \quad (3)$$

Учитывая коэффициенты a, b, c, d, f и g , вводим постоянные времени $\tau(a, b, f, g)$ и $T(c, d)$, а также коэффициент усиления k звена следующим образом:

$$W(p) = \frac{k(\tau p - 1)}{Tp + 1}.$$

При этом для упрощения процесса моделирования зависимости постоянных времени от коэффициентов и влияние этих коэффициентов на результаты моделирования здесь исследоваться не будут.

Результаты моделирования работы такого звена с помощью программного комплекса Vissim приведены на рисунке 4. При этом использовались значения $\tau = 0.0120d^{-1}$ и $T = 0.120d^{-1}$. Полученные в ходе исследований предположения о классе одели и ее параметрах подтверждены тем, что выходной сигнал звена «Производственная среда» соответствует экспериментально полученным зависимостям с погрешностью 5-7%.

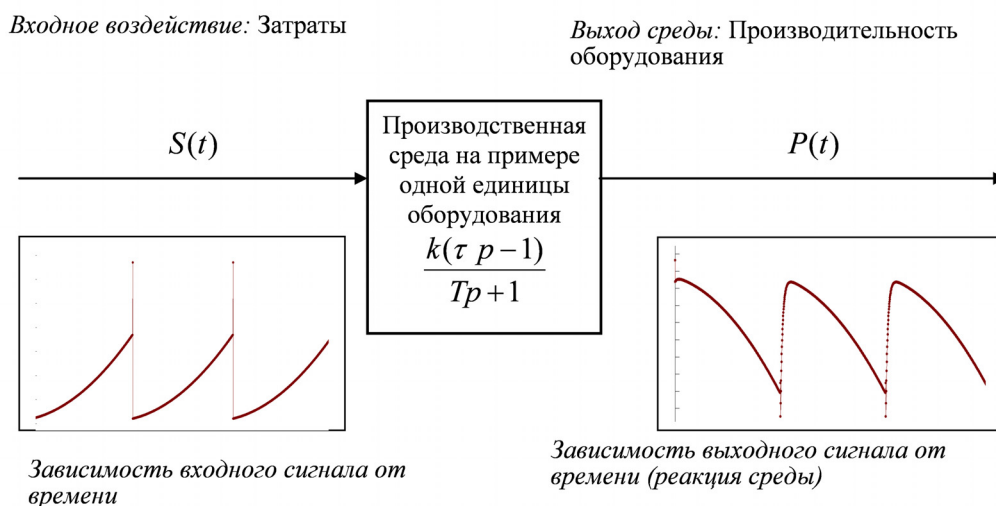


Рисунок 4 – Результаты моделирования производственной среды как линейного звена с передаточной функцией по каналу преобразования «Затраты – производительность»

Управление производственной средой, определяющее интенсивность и закон изменения затрат и производительности оборудования и позволяющее достигнуть желаемых показателей, возможно лишь путем структурной адаптации (дискретного изменения) закона изменения затрат, определяющего цель, форму, порядок и момент вложения затрат, и, соответственно, структуру и технические возможности обрабатывающего оборудования. Сигнал управления u , имеющий вид переключательной функции [3], должен вырабатываться путем принятия решений специалистами на основе моделей предметной

области, оценок возможных мероприятий и прогноза результатов исполнения решений. На рисунке 5 приведена схема системы управления, реализующей такой подход.

По результатам нечеткого процесса [4] принятия решений производятся изменения структуры и технологических характеристик оборудования машиностроительного предприятия. Такие изменения выполняются путем капитального ремонта станков и приспособлений, путем их модернизации за счет замены отдельных агрегатов на более прогрессивные. Возможна также полная замена устаревшего или износившегося оборудования. В итоге передаточные функции процесса обработки деталей на машиностроительном предприятии изменяют значения своих постоянных времени и коэффициентов усиления, а это, в свою очередь, приводит к изменению параметров выходного сигнала процесса обработки. Целью нечеткого процесса принятия решений является достижение такой конфигурации оборудования и в такие моменты времени, которые приблизят график зависимости производительности оборудования от времени к желаемой его форме (см. Рис 5).

Выводы.

Разработана и исследована структурно-функциональная схема процесса металлообработки как объекта организационно-технического управления в комплексе с информационным пространством предприятия, рассмотрены входные и выходные сигналы объекта, управляющие и возмущающие воздействия, влияние технологических параметров оборудования на качество изделий и производительность. Анализ такой схемы позволил ограничить рассмотрение предметной области и выделить задачу моделирования и управления производственной средой с точки зрения затрат на техническое переоснащение и ее производительности.

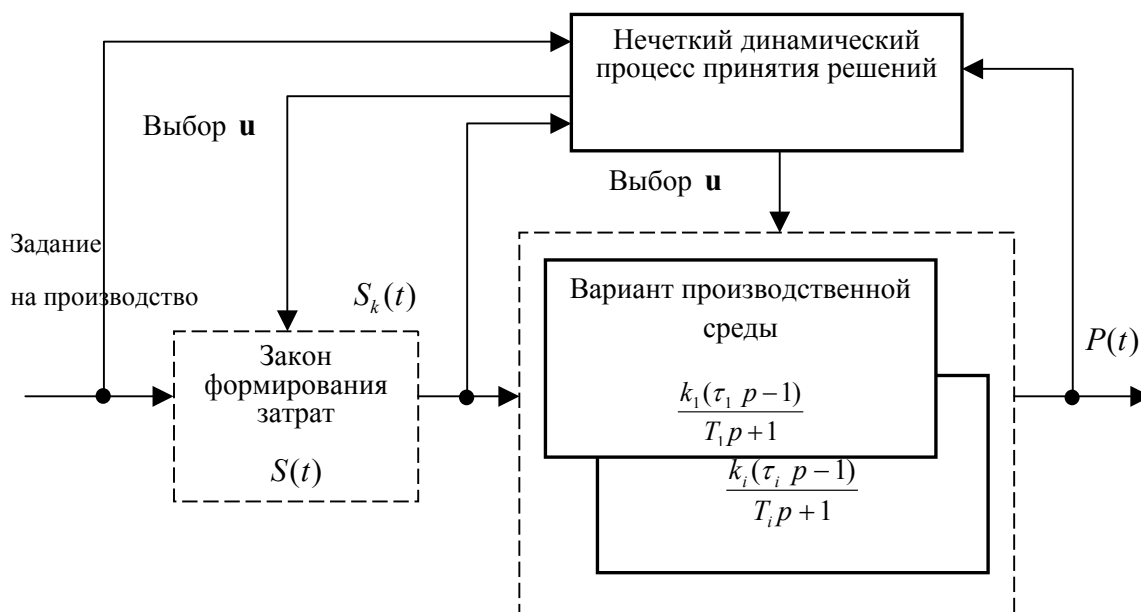


Рисунок 5 - Система управления производственной средой и формированием затрат на техническое переоснащение для максимизации критерия оптимальности

Разработана с использованием экспериментальных данных, полученных в ходе пассивного эксперимента, проведенного на действующем оборудовании машиностроительного предприятия, модель производственной среды как линейного звена сложной многосвязной системы автоматизированного управления в канале преобразования «Затраты на техническое переоснащение – производительность оборудования». При этом был выполнен регрессионный анализ экспериментальных данных, полученные

аппроксимирующие эти данные зависимости в виде сумм экспоненциальных функций времени с коэффициентами пропорциональности, зависящих от технических и экономических факторов работы предприятия. Адекватность полученной модели проверена в ходе моделирования с использованием пакета Vissim. Полученная модель позволила разработать структурную схему системы управления производственной средой и формированием затрат на техническое переоснащение для максимизации критерия оптимальности.

Литература

1. Нечволода Л.В. Информационные технологии и архитектура программного комплекса для автоматизации принятия решений по техническому переоснащению на машиностроительном предприятии // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: “Обчислювальна техніка та автоматизація”. Випуск 17 (148). — Донецьк: ДонНТУ, 2009. — С. 104-111.
2. Петраков Ю.В., Мельничук П.П. Автоматизація технологічних процесів в машинобудуванні засобами мікропроцесорної техніки. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 194 с.
3. Згуровский М.З. Дискретно-непрерывные системы с управляемой структурой (теория, моделирование, применение)/М.З.Згуровский, В.А.Денисенко. – К.: Наукова думка, 1998. – 350 с.
4. Бочарников В.П. Fuzzy-технология. Математические основы. Практика моделирования в экономике. / В.П. Бочарников – СПб.: Наука, 2001. – 328 с.

Abstract

Nechvoloda L.V. Development of metal-workingness process model as an object of technical and economic control on a machine-building enterprise. Developed and explored structurally-functional diagram of metal-workingness process as an object of organizationally-technical control in a complex with information space of enterprise. The model of production environment is developed as a linear unit of the difficult multilinked automated control system in the transformation channel of «Expense on the technical retooling – productivity of equipment». The structurally diagram of the control a production environment and expenses forming system is offered on the technical retooling.

Keywords: *machine-building enterprise, technical retooling, automated control system, transfer function, fuzzy process of decision making.*

Анотація

Нечволода Л.В. Інформаційні технології та архітектура програмного комплексу для автоматизації прийняття рішень по технічному переоснащенню на машинобудівному підприємстві. Розроблена й досліджена структурно-функціональна схема процесу металообробки як об'єкта організаційно-технічного управління в комплексі з інформаційним простором підприємства. Розроблена модель виробничого середовища як лінійної ланки складної багатозв'язкової системи автоматизованого управління в каналі перетворення «Витрати на технічне переоснащення – продуктивність обладнання». Запропоновано структурну схему системи керування виробничим середовищем і формуванням витрат на технічне переоснащення.

Ключові слова: *машинобудівне підприємство, технічне переоснащення, система автоматизованого управління, передавальна функція, нечіткий процес прийняття рішень.*

Здано в редакцію:
05.02.2010р.

Рекомендовано до друку:
д.т.н, проф. Скобцов Ю.О.