

УДК 658.5

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Левина С.М., студент(-ка) гр. АС-АУТП-124, I курс
Научный руководитель: Яшина Н.К., доцент
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к управлению машиностроительным предприятием, обращая внимание на выпускаемой продукции, улучшение условий труда и достижение высоких технико-экономических показателей производства. Предлагается усовершенствовать парадигму управления, акцентируя внимание на инновациях через интеграцию цифровых решений, а также автоматизацию технологических производственных процессов.

Ключевые слова: машиностроительное предприятие, управление, технологическое оборудование, система управления, автоматизация, цифровизация, современные подходы.

Annotation. The article examines modern approaches to the management of a machine-building enterprise, paying attention to the products produced, improving working conditions and achieving high technical and economic indicators of production. It is proposed to improve the management paradigm, focusing on innovation through the integration of digital solutions, as well as automation of technological production processes.

Keywords: machine-building enterprise, management, technological equipment, control system, automation, digitalization, modern approaches.

Введение. Актуальными проблемам в современном машиностроении являются повышение качества выпускаемой продукции, улучшение условий труда и достижение высоких технико-экономических показателей производства (ТЭПП).

Достижение высоких ТЭПП рассматривается как условие решения важнейших стратегических задач, связанных на данном историческом отрезке с обретением Россией технологического суверенитета и технологической независимости от других стран.

В сложившихся условиях управление предприятиями машиностроительной отрасли важно направить не только на повышение уже достигнутых показателей. Необходимо изменить парадигму управления, определяющую методы и технологии воздействий на инновационное развитие.

В представленной работе управление предприятием предлагается рассматривать на двух уровнях: на уровне процессов, непосредственно связанных с обработкой (с основными технологическими операциями); на

уровне вспомогательных операций, обеспечивающих непрерывный производственный процесс.

Управление основными технологическими операциями приобретает особо актуальное значение в связи с развитием цифровых технологий автоматизации.

Автоматизация управления технологическими процессами направлена не только на устранение влияния «человеческого фактора», но и выступает как высокоэффективное средство оптимизации расхода важнейших материальных и энергетических ресурсов.

Предлагаемые в данной работе системы адаптивного управления процессами обработки во взаимодействии с ЧПУ-, CNC-, MES-, PDM-, PLM-, ERP-, MRP и системами автоматизированного проектирования создают основу для создания интегрированных систем управления промышленными предприятиями машиностроительного профиля.

1. Процессный подход к управлению производственным предприятием

Эффективность работы предприятия связана с достижением высокой точности и высокого класса шероховатости обрабатываемых деталей, а также производительности обработки и удобства управления процессами обработки.

Качество обработки не совместимо с производительностью. Поэтому возникает необходимость поиска наилучшего сочетания показателей качества обработки с производительностью, не упуская из виду затраты средств, удобства обслуживания и безопасность процессов обработки.

Названные вопросы до настоящего времени рассматривались на локальном исполнительном уровне, а потому и эффект от качества обработки, если и достигался, то растворялся в сложных производственных процессах и производственных затратах.

Традиционный подход оценки эффективности производства, основанный на «валовых» показателях, не учитывает финансовую выгоду от внедрения средств автоматизации: контроля, измерения, регулирования, настроек и управления.

Альтернативой традиционному «валовому» методу является «процессный подход». В его основе заложена концепция добавленной стоимости, происходящей на каждом этапе технологического процесса [1]. Данный подход позволяет целенаправленно воздействовать на производственные процессы на всех уровнях, учитывая их взаимодействие. Эта стратегия представляет собой инновационное решение, для реализации которой требуется не только информационного обеспечения параметров технологических процессов (ТП), но и эффективное управления всеми видами производственных ресурсов [2].

Рассматривается идея, согласно которой технологический процесс изготовления деталей, включающий как основные операции обработки, так и вспомогательные этапы, должен восприниматься как единый целостный элемент сложной производственной системы. Ключевую роль играют

конструкторская и технологическая документация, а также обоснование режимов обработки технологического процесса [2-4]. Обоснования являются системными, когда значения имеют не только эмпирические формулы, а учитываются еще данные экспериментов и моделирования. Если данный подход имеет свои преимущества, то требуется уточнения и обоснования других факторов, которые влияют на эффективность производственных процессов.

Так, шероховатость поверхности зависит не только от режимов резания, но также от хим. состава, твердости и даже от термо-временных параметров процессов плавки и термообработки обрабатываемого материала. И если на достигнутом уровне развития производства обеспечить жестко состав и свойства заготовок невозможно, то и задачи по контролю, управлению и оптимизации качества обработки резанием необходимо пересмотреть и соответствующим образом скорректировать.

Даже опытный оператор автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) подвержен ошибкам при установке значений параметров при том или ином ТП. Единственный способ обеспечить оптимальное управление является строгое обоснование, расчеты на основе математических моделей, экспериментальные исследования, а также применение методов адаптации для поддержания этих параметров на заданном уровне. В работах [2-4], результаты такого обоснования формируются в виде программно-технологических карт (ПТК). С помощью которых на этапе технологической подготовки производства (ТПП) создаются управляющие программы (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Разработка и реализация Систем Адаптивного Управления (САДУ) должна быть ориентирована на проведение расчетов, экспериментальных исследований, моделирования сложных физико-механических процессов, происходящих во время механической обработки. Поэтому для разработки САДУ процессами обработки предлагается спроектировать и создать экспериментальный станок типа обрабатывающего центра, оснащенный программно-аппаратным комплексом, который позволит осуществлять сбор и обработку измерительной информации в соответствии с алгоритмом управления, а также настройку режимов резания с учетом амплитуды и частоты вынужденных колебаний, возникающих в технологической системе. Эффективность САДУ оценивается по качеству точности, классу шероховатости поверхности и по производительности обработки.

2. Бюджетирование как основа управления предприятием.

Система бюджетирования – это распределение полномочий и ответственности посредством иерархической структуры центров финансовой ответственности (ЦФО). Для реализации данной системы бюджетирования требуется использовать системный подход к управлению [5]. Данный «системный» подход объединяет три ключевых элемента: функциональный, проектный и процессный методы.

Функциональный подход к управлению основывается на распределении полномочий и ответственности через функции организации. Функция — это подсистема предприятия, которая объединяет сотрудников, выполняющие одни и те же виды работ. Выделяют четыре ключевые функции: маркетинг, производство, управление персоналом и финансы. Руководители этих функций наделяются соответствующими полномочиями и несут ответственность за их эффективное исполнение. Затем каждая функция делится на подсистемы (подразделения), возглавляемые своими руководителями, которые имеют соответствующие полномочия и несут ответственность за деятельность подчинённых подразделений. Таким образом, формируется иерархия делегирования полномочий и ответственности, охватывающая всю структуру организации. Подход применен к управлению серийным производством.

Проектный подход к управлению заключается в делегировании полномочий и ответственности через реализацию определенных проектов. Проект – это разовая деятельность, для выполнения которой создаётся функциональная команда. Один из участников команды назначается руководителем проекта, а другие, становятся инженерами проекта. Ответственность и полномочия, связанные с достижением целей проекта, возлагаются на руководителя проекта. Участники проектной команды оказываются под двойным влиянием: со стороны руководителя проекта (в рамках проектной деятельности) и со стороны функционального руководителя (по регулярной деятельности), что позволяет создать матричную организационную структуру, сочетающую в себе два подхода к управлению одновременно.

Процессный подход к управлению базируется на делегировании полномочий и ответственности через бизнес-процессы. Бизнес-процесс – это устойчивая, повторяющаяся деятельность, преобразующая входные ресурсы в конечные результаты. В рамках данного подхода выделяется проблемный бизнес-процесс, где одному из участников передается статус владельца процесса, которому передаются полномочия и ответственность за его управление. Это позволяет создать матричную структуру управления регулярной деятельностью, поскольку участник бизнес-процесса оказывается под руководством как функционального менеджера, так и владельца этого процесса. Такой подход сочетает в себе как функционального, так и процессного управления.

Система процессного подхода к управлению включает в себя следующие подсистемы: выделенный бизнес-процесс; ключевые показатели эффективности (KPI); руководитель бизнес-процесса; регламент бизнес-процесса; система мотивации участников. Результативность и эффективность здесь обычно находятся в конфликте. Например, стремление улучшить результативность это зачастую ведет к снижению эффективности, т.к. требуются дополнительные ресурсы для повышения уровня качества, где в

свою очередь, повышение эффективности может негативно сказываться на качестве результата.

3. Использование систем высокого уровня в управлении предприятиями

Разрабатываемые учеными и специалистами, включая и сотрудников кафедры АМиР ВлГУ, системы адаптивного управления – СадУ встраиваются в производственные системы наряду и во взаимодействии с системами CAD/CAM/CAE, CNC, MES, ERP, MRP, PDM, PLM, SCADA, САПр и др., расширяя и углубляя возможности автоматического и (или) автоматизированного управления.

Сегодня конкурентоспособность и рентабельность производства определяются уровнем управления жизненным циклом изделия (Product lifecycle management) PLM— это подход к эффективному управлению производством на всех стадиях жизненного цикла продукта. PLM объединяет людей, информацию и процессы, обеспечивая предприятие всеми данными о продукте. Рассматривая эволюцию PLM-систем, можно отметить, что PLM является цифровой платформой, которая расширяет функционал систем проектирования и нивелирует разрыв между производственными и бизнес-процессами.

Процесс проектирования системы управления заключается в определении цели управления, а также получении априорной информации об управляемом объекте и характере внешних возмущающих воздействий на него. Все системы управления (СУ), созданные на основе такой априорной информации, классифицируются как неадаптивные или традиционные системы управления, вне зависимости от применяемого принципа управления, структуры электропривода и т.д. Если объем априорной информации о характеристиках объекта недостаточный, то для достижения требуемого качества регулирования, требуется использовать адаптивные системы управления [6-7]. Такие системы обладают большей гибкостью в отличие от неадаптивных. Они позволяют сокращать сроки и время на проектирование, наладку, на проведение требуемых испытаний, на эксперименты, позволяя эффективно управлять новыми технологическими процессами и объектами.

Для управления станками с ЧПУ применяются САДУ двух типов: *предельного управления и оптимального управления.*

САДУ первого типа обеспечивают постоянное значение одного или нескольких параметров обработки.

Так, при обработке цилиндрических литых или деформированных заготовок за один проход колебания припуска и (или) твердости приводят к колебаниям силы резания. При этом увеличение силы резания приводит к увеличению деформации детали и к отжиму инструмента.

С учетом математической зависимости:

$$P = kS,$$

где P – сила резания; k – эмпирический коэффициент, случайное увеличение силы резания, зафиксированное динамометрическим датчиком,

может быть на станке с параллельной кинематикой компенсировано соответствующим уменьшением величины подачи.

Эффективность работы САДУ предельного управления зависит от времени реакции и быстродействия. Для обеспечения работы в режиме жесткого реального времени необходима совершенная электроника и соответствующая операционная система преобразования естественного сигнала датчика в информацию, необходимую для реализации управляющих воздействий.

САДУ оптимального управления применительно к управлению параметрами A и f следует ориентировать на работу в режиме автоматического поиска скорости v и подачи S или силы резания P , или мощности резания N , сочетание которых при ограничениях технического характера и влияния возмущений (колебания припуска, твердости обрабатываемого материала, износ режущего инструмента и др.) необходимо для функционирования системы, когда достигается максимальное значение целевой функции H . Например, класс шероховатости поверхности, точность или производительность.

Техническими ограничениями являются уровень вибраций, скорость резания, толщина снимаемого слоя и др.

Применение САДУ эффективно, но в каждом конкретном случае решение об установке этой системы на станок может быть принято только в том случае, если затраты на проектирование, создание и отладку системы гарантированно окупятся в установленный срок и при этом будет достигнут определенный инновационный эффект. Проектируемый станок, по соображениям экономии всех видов ресурсов, включая прежде всего денежные ресурсы, должен быть функциональным в отношении широкой номенклатуры деталей и материалов, из которых детали изготовлены.

В то же время станок должен отвечать целому ряду специфических требований, таких как безопасность работы, удобство обслуживания, современная и перспективная элементная база.

Требования к конструкции станка. Фрезерный станок необходимо изготовить на жестком стальном основании с рабочим столом, выполненным, в целях экономии финансовых затрат, из высокопрочного алюминиевого сплава (Взамен литой чугуновой станины). Для перемещения шпиндельной головки в трех координатных направлениях предусмотреть портал.

Требования к системе контроля вибраций на основании результатов предварительных исследований влияния режимов обработки на частоту и амплитуду вибраций и влияния вибраций на точность, на класс шероховатости и на износ зубьев фрез определены следующим образом.

Привод главного движения. Мощность 1500 Вт. Частота вращения шпинделя до 25000 об/мин. В качестве режущего инструмента используются концевые двухзубые, цилиндрические восьмизубые и другие фрезы. Частотный преобразователь 1500Вт/220В. Источник питания мощностью ~ 350 Вт. Контроллер Mach3. Драйвер шагового двигателя DM860H с максимальной

частотой 200 кГц и постоянным напряжением 24-110 В, переменным 18-80 В. Индуктивный датчик приближения SN04-N. Датчик высоты инструмента PLTLS-01. Микроконтроллер ESP32. Датчик вибрации AMP-B091 с рабочим напряжением 3,3-5 В. Потенциометр. Понижающий преобразователь LM2596. Повышающий преобразователь DC-DC с выходным напряжением 5В. Модуль светодиодного дисплея TM1637.

Требования к программному обеспечению включают следующие системные параметры:

- Настольный ПК с 32-разрядной операционной системой (порта LPT);
- 32-битная версия операционной системы Windows XP или Windows 7;
- Процессор с тактовой частотой 1 ГГц;
- Оперативная память объемом 512 МБ.

Основные функции и характеристики программного обеспечения:

- Управление до 6 осями;
- Импорт файлов форматов DXF, BMP, JPG и HPGL;
- Графическое отображение G-кодов и генерация G-кодов;
- Настраиваемый, простой интерфейс;
- Возможность создания пользовательских M-кодов и макросов на основе скриптов VB;
- Управление скоростью вращения шпинделя;
- Многоступенчатое/многоуровневое реле для регулировки.

Требования к системе контроля вибраций. На основании результатов предварительных исследований влияния режимов обработки на частоту и амплитуду вибраций и влияния вибраций на точность, на класс шероховатости и на износ зубьев фрез требования к системе контроля вибраций определены следующим образом.

Система контроля вибраций может быть основана на сенсоре в виде пьезо-диска. Это может быть латунная пластина с покрытием из сегнетоэлектрика. При сжатии такой пластины на ее контактах возникает электрическое напряжение. Для оценки интегрированного значения уровня вибрации применить контроллер. Установленный уровень вибрации сравнивается с критическим уровнем, предварительно установленным оператором. Его задает пользователь при помощи вращения потенциометра. Для наглядности, текущее показание и пороговое значение в условных единицах целесообразно вывести на цифровые дисплеи.

Если уровень вибрации превышен, на ЧПУ станка необходимо подать двоичный сигнал в виде одного импульса. После завершения текущего кадра управляющей программы значение скорости подачи необходимо уменьшить на 10%. От системы управления станком должен идти ответный импульс на микроконтроллер вибрации. Таким образом, контроллер «понимает», что сигнал дошел, и корректировка скорости совершена. Далее цикл может повторяться до тех пор, пока вибрация не уменьшится до заданных пределов.

Дальнейшее развитие и совершенствование процесса металлообработки методом фрезерования невозможно представить без оснащения станков

автоматическими или (и) автоматизированными системами управления. На этапе предпроектных исследований необходимо изучить процесс обработки фрезерованием с целью определения динамических свойств звеньев в структуре системы управления.

Заключение. Управление производственным предприятием на основе процессного подхода требует учета влияния значительного числа факторов. Обобщения опыта предприятий, успешно развивающих производство, приводит к важному выводу, что для большинства российских предприятий характерна организационная структура и стиль управления не соответствуют готовности компаний создавать матричную систему управления.

Внедрение процессного подхода представляет собой высокочрезвычайно затратный процесс, который требует тщательного изучения производственных процессов и реализации подхода в отношении не всех, а лишь части хорошо изученных процессов.

В этом смысле предпочтение при выборе процессов следует отдавать процессам обработки на металлорежущих станках, оснащенных системами числового программного, системами адаптивного цифрового управления с использованием программных сред и продуктов высокого уровня.

Список литературы:

1. Елиферов, В.Г. Бизнес-процессы. Регламентация и управление / В.Г. Елиферов, В.В. Репин. — М.: Инфра-М, 2005. — 319 с.
2. Сулов, А.Г. Справочник технолога / А. Г. Сулов. — М.: Инновационное машиностроение, 2019. — 800 с.: ил.
3. Ингеманссон, А.Р. Повышение эффективности обработки резанием за счет адаптивного управления в цифровых производственных системах / А.Р. Ингеманссон. — М.: Научно-технические технологии в машиностроении, 2020. — № 4(106). — С. 39–48.
4. Ингеманссон, А.Р. Разработка математических моделей для технологической подготовки производства и адаптивного управления токарной и фрезерной обработкой в цифровых производственных системах / Ингеманссон, А.Р. — М.: Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). — 2020. — Т. 22, № 1. — С. 27–40.
5. Энтони, Роберт Н. Учет: ситуации и примеры / Пер. с англ. Е.И. Ткача и др.; Под ред. А.М. Петрачкова. — 2-е изд., стереотип. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 557 с.
6. Соломенцев, Ю.М., Адаптивное управление технологическими процессами (на металлорежущих станках) / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, С.П. Протопопов. — М.: Машиностроение, 1980. — 536 с.
7. Ушаков, М.В. Учет влияния скорости деформации и температуры на процессы, происходящие в зоне первичной деформации при резании металлов / М.В. Ушаков, С.Ю. Илюхин, И.А. Воробьев. — М.: Технология и оборудование обработки металлов резанием. — Тула: ТулГУ, 2005. — С. 89.