

II

PROBLEMY MODULARYZACJI W PRZYGOTOWANIU PRODUKCJI

Władimir WORONIENKO

Uniwersytet Technologiczny STANKIN,
Moskwa, Rosja

TECHNOLOGICZNE PRZYGOTOWANIE PRODUKCJI MECHANICZNO – MONTAŻOWEJ Z WYKORZYSTANIEM PODEJŚCIA MODUŁOWEGO

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА

ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время модульный подход к проектированию и технологической подготовке производства находит широкое применение при создании, реконструкции и техническом перевооружении машиностроительных производств, а также при технологической подготовке серийного и мелкосерийного производства. Это объясняется тем, что сроки запуска в эксплуатацию новых производств и реконструкции действующих предприятий постоянно сокращаются. Для обеспечения конкурентоспособности механосборочных производств с широкой и нестабильной номенклатурой выпускаемой продукции требуется быстрая адаптация производственной системы к изменяющимся условиям, которая может быть обеспечена только при условии незначительного времени на технологическую подготовку производства. Модульный подход к проектированию технологических и производственных процессов, технологического их оснащения, разработке управляющих программ для оборудования с ЧПУ и оценки технологичности выпускаемых изделий приводит к значительному сокращению времени проведения указанных этапов технологической подготовки производства, что в итоге повышает мобильность производственной системы.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ.

Производственная система, включающая комплекс производственных участков и вспомогательных подразделений, предназначена для изготовления продукции требуемого качества и заданной программы выпуска с наименьшими затратами. Структуру и параметры производственной системы выбирают при проектировании в зависимости от сложности и разнообразия конструкций изготавливаемых изделий, объема их выпуска и условий производства.

Построение производственной системы, отвечающей указанным требованиям, должно выполняться на базе системного сквозного проектирования с использованием модульного подхода, включающего следующие основные этапы:

- формулировку функционального назначения и требований к системе в целом, формализацию их в условиях автоматизированного проектирования;
- декомпозицию производственной системы, определение функций каждого модуля, формализацию требований к модулям, выявление внутривидовых материальных, энергетических и информационных связей модулей;
- выбор критериев для оценки качества проектных решений;
- построение алгоритмических и параметрических моделей функционирования каждого модуля;

- синтезирование производственной системы на базе разработанного производственного процесса с созданием единой системы материальных, энергетических и информационных потоков;
- разработку временных моделей работы производственной системы;
- разработку компоновочных и планировочных решений размещения модулей производственной системы в пространстве.

Системный подход к решению задачи по проектированию цеха или участка с наперед заданными свойствами, представляющих собой сложную динамическую систему из множества модулей, требует после уточнения исходных данных проведения ее декомпозиции с целью выделения модулей, однородных по технологическим и организационным признакам, а также учета взаимосвязей между ними для синтеза выделенных модулей.

В основу декомпозиции производственной системы закладывают принцип функциональности, минимальности и связанности. Принцип функциональности состоит в том, что выделенные при декомпозиции модули должны быть по возможности обособлены, т. е. для них можно сформулировать собственную цель функционирования, которая достигается совокупностью целей каждого модуля нижестоящего уровня. Принцип минимальности заключается в достижении минимума уровней декомпозиции, что в итоге приведет к сокращению размерности задач унификации. Принцип связанности заключается в выявлении сильно и слабосвязанных модулей.

С учетом приведенных принципов на рис. 1 представлено структурное описание высшего уровня декомпозиции производственной системы, включающей в себя основной и семь вспомогательных модулей, а также их материальные, энергетические и информационные связи. Вершины графов представляют следующие элементы производственной системы: V_1 – основной (технологический) модуль; V_2 – модуль инструментаобеспечения; V_3 – модуль контроля качества изделий; V_4 – складской модуль; V_5 – модуль охраны труда персонала; V_6 – транспортный модуль; V_7 – модуль технического обслуживания; V_8 – модуль управления и подготовки производства. Ребра графа, связывающие вершины графа, представляют собой материальные (рис. 1, а), энергетические (рис. 1, б) и информационные (рис. 1, в) потоки между соответствующими модулями производственной системы.

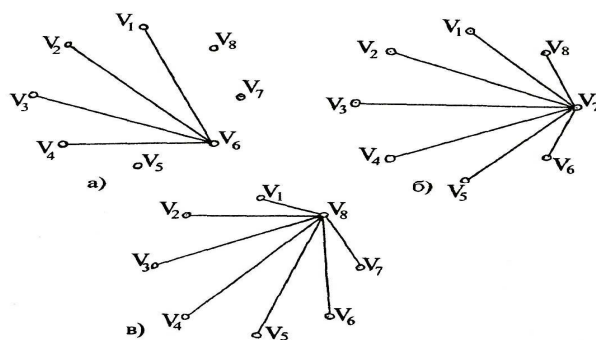


Рис. 1. Концептуальная модель производственной системы

Rys. 1. Konceptualny model systemu produkcyjnego

Таким образом, концептуальная модель (рис.1) производственной системы отражает комплекс производственных модулей с тремя видами связей, обеспечивающий функционирование производственного процесса, начиная с момента получения исходных полуфабрикатов и кончая выходом готовых изделий.

На следующем иерархическом уровне каждый модуль рассматривается отдельно как система, состоящая из нескольких составных модулей, и имеет большую подробность описания. Разделение описаний проектируемых объектов на иерархические уровни по степени подробности отражения свойств объектов составляет сущность модульно-иерархичного подхода к проектированию [1].

В основном модуле выполняются технологические процессы по изменению качественных характеристик объекта производства. Например, заготовки, пройдя механическую обработку, приобретают требуемые форму, размеры, шероховатость, свойства поверхностного слоя материала, а в сборочном производстве из готовых деталей и комплектующих изделий производят сборку узлов и машин с требуемыми параметрами качества.

Своевременное обеспечение рабочих мест режущим инструментом и слесарно-сборочной оснасткой, а также контроль за правильной их эксплуатацией возлагается на модуль инструментального обеспечения.

Выпуск продукции с требуемыми параметрами качества невозможен без использования модуля контроля качества изделий, осуществляющего обратную связь по оценке хода производства. Вероятностный дискретный характер протекания производственного процесса изготовления изделий вынуждает создавать складские модули, где протекают технологические процессы комплектования и хранения заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий. Даже современное автоматизированное машиностроительное производство в настоящее время нуждается в обслуживающем персонале, что приводит к необходимости создания специальных устройств и проведения определенных мероприятий, обеспечивающих безопасную работу и санитарные условия труда персонала, а также специальные виды обслуживания его. Эти функции возлагаются на модуль охраны труда персонала. Перемещение полуфабрикатов в пространстве осуществляется транспортным модулем, обеспечивающим своевременную доставку их к соответствующему производственному оборудованию и на склад. Модуль технического обслуживания создается для постоянного поддержания требуемого состояния и условий работы производственного оборудования. Основная задача модуля управления и подготовки производства заключается в осуществлении контроля за состоянием производственного процесса и воздействия на него в случае нарушений запланированного хода производства, разработке технологической и плановой документации, обеспечении производства заготовками и комплектующими изделиями, проведении организационных мероприятий по подготовке производства и обеспечения его технологической оснасткой и инструментом.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОДУЛЕЙ.

Особенностью рассматриваемой структурной модели производственной системы является то, что она характерна для всех иерархических уровней производственной системы, начиная с рабочей позиции и кончая уровнем завода. Таким образом, каждое рабочее место может быть представлено как мини-интегрированная производственная система (модуль).

При создании автоматизированных цехов предъявляются определенные требования к производственным модулям и оборудованию, используемому в этих модулях. Например, исходя из необходимости создания гибкого автоматизированного цеха при его проектировании следует предусмотреть его способность к быстрой адаптации при изменяющихся условиях производства, причем как отдельных единиц производственного оборудования, так и производственных модулей. Основные факторы, изменяющие условия производства, следующие: широкая и в ряде случаев нестабильная номенклатура изготавливаемых изделий, отказы производственного оборудования, оснастки, инструмента и средств управления, неравномерное поступление полуфабрикатов, изменение физико-механических свойств обрабатываемого материала и т. д. Изменение входных условий изготовления продукции вынуждает создавать производственные системы, позволяющие быстро реагировать на них, с тем чтобы обеспечить выполнение производственной программы выпуска продукции к заданному сроку и с требуемыми параметрами качества.

При структурном синтезе элементов производственной системы с заранее заданными свойствами необходимо решить задачу наделения требуемыми свойствами всей композиции модулей в производственных подразделениях с ее внутренними и внешними связями. С целью эффективного решения проектных задач желательно синтезировать производственные системы из унифицированных модулей, что сокращает время на проектирование, повышает качество проекта и надежность при эксплуатации производственной системы.

Проектирование сложных систем, каковой является производственная система, чаще всего итерационный процесс. В ходе его создается несколько проектных решений как отдельных модулей, так и всей производственной системы в целом. Из сформулированной в общем виде задачи проектирования производственной системы следует, что глобальным критерием выбора оптимального проектного решения модуля должен быть показатель приведенных затрат на изготовление изделий заданной программы выпуска в течение года, который может быть подсчитан по формуле:

где j – номер изделия; n – число наименований изделий; N_j – годовой объем выпуска j -го наименования изделия (шт.); $\delta = 1,15$ – коэффициент заработной платы с начислениями; β – общие

$$Z = \sum_{j=1}^n \left[N_j (\delta + \beta) S_o \sum_{i=1}^m T_{\phi ij} + (E_n + \alpha) \frac{F_j}{F_3} \sum_{i=1}^m A_{ij} a_i \right]$$

накладные расходы в долях заработной платы, включающие расходы на текущий ремонт оборудования; S_o – заработная плата оператора в 1 мин, руб.; i – номер операции; m – число операций в технологическом процессе изготовления изделия; $T_{\phi ij}$ – трудоемкость изготовления j -го наименования изделия на i -й операции; $E_n = 0,15 \dots 0,20$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; $\alpha = 0,143$ – коэффициент амортизационных отчислений; F_j – часть годового фонда времени, отводимая на изготовление j -го наименования изделия (мин); F_3 – эффективный годовой фонд времени работы системы, мин; A_{ij} – стоимость одной единицы основного оборудования, используемого на i -й операции при изготовлении j -го наименования изделия, руб.; a_i – число единиц технологического оборудования, используемого на i -й операции.

Трудоемкость изготовления изделия $T_{\phi ij} = T_{ij} / f$, где T_{ij} – станкочасовое время на i -й операции при изготовлении j -го изделия, мин; f – коэффициент многостаночного обслуживания.

Вследствие сложности и в ряде случаев недостаточной информации для определения ряда составляющих формулы на различных этапах проектирования на практике используют интегральные критерии, связывающие ряд критериев. Многокритериальность обусловлена разнообразием целей и возможностей отдельных производственных модулей. Так, например, при выполнении компоновочных и планировочных этапов размещения модулей, устанавливающего материальные связи между ними, может быть использован интегральный критерий, представляющий собой векторный функционал: $f(W_1, W_2) \rightarrow \text{ext}$, где W_1, W_2 – оптимизационные критерии; W_1 – критерий минимума мощности грузопотока, тм/год

$$W_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{\alpha\gamma=1}^{\omega} Q_i l_{\alpha\gamma i},$$

Здесь n – число наименований изделий, перемещаемых в год; ω – число операций в производственном процессе изготовления i -го изделия; Q_i – масса изделий i -го наименования, перемещаемых за год, т; $l_{\alpha\gamma i}$ – расстояние между α -й и γ -й производственными операциями, между которыми происходит перемещение i -го наименования изделия, м; W_2 – критерий максимального съема продукции с единицы объема цеха (участка) в год; $W_2 = N/V$, шт/м³год, где N – программа выпуска изделий в цехе, шт/год; V – общий объем цеха, м³.

Оптимизация по критерию минимума мощности материального потока позволит сократить количество транспортных средств и транспортных рабочих, повысить мобильность производственной системы, коэффициент использования основного оборудования, сократить энергопотребление, амортизационные отчисления и эксплуатационные затраты. Оптимизация по критерию максимума съема продукции с единицы объема позволит создавать компактные производственные системы, экономить производственные площади и снизить стоимость производственных зданий.

При многокритериальной оценке качества проектного решения ряд частных показателей может иметь различную размерность, но они приводятся к одной путем введения весовых коэффициентов, которые определяют на основании статистических данных и в общем случае отражают степень влияния каждого показателя на приведенные затраты. Таким образом, интегральный показатель оценки качества проектного решения определяется как сумма частных показателей, взвешанных по их значимости:

$$W_u = \sum_{i=1}^m W_i k_i,$$

где k_i – весовой коэффициент при i -м частном критерии; m – количество частных критериев.

Точность принятия решений при многокритериальной оценке зависит от объективности принятых весовых коэффициентов k_i , которые должны отражать конкретные производственные условия. В ряде случаев число частных показателей может возрасти по сравнению с вышерассмотренным двухкритериальным случаем. В частности, могут дополнительно быть введены другие частные критерии: трудоемкость и станкостоемость изготовления изделий, цикл их изготовления, коэффициент загрузки основного оборудования, протяженность коммуникаций и др. Однако при выборе числа критериев следует учесть, что чрезмерное их число может не привести к желаемому эффекту вследствие роста суммарной погрешности интегрального критерия и трудоемкости проектных работ.

В методологические основы проектирования модулей, помимо вопросов выбора критериев оценки качества проектных решений, входит и разработка структурно-функциональных, алгоритмических, параметрических и планировочных моделей.

Используя основные принципы декомпозиции сложных систем, в первую очередь производят построение структурной и функциональной модели. Структурная модель отражает состав и взаимосвязь элементов модуля, а функциональная модель – свойства элементов модуля, необходимые для выполнения ими своего служебного назначения.

Разработав структурно-функциональные модели, переходят к построению алгоритмических моделей, которые отражают последовательность взаимодействия модулей в процессе функционирования производственной системы. На следующем этапе проектирования строят параметрические модели, представляющие собой уравнения материально-энергетического баланса, на основании которых определяют количественные значения каждого свойства элемента модуля и взаимосвязи между физическими параметрами элементов модуля.

На окончательном планировочном этапе решают задачу построения планировочных моделей, отражающих размерные связи между отдельными элементами модулей, чаще всего в метрике евклидова пространства.

На основании исходных данных, которые определены из условий функционирования машиностроительного производства, приведенных в техническом задании на проектирование, производят построение основного модуля и вспомогательных модулей. Для этого проводят следующие этапы технологической подготовки производства: оценивают технологичность отдельных модулей конструкции изделий; разрабатывают технологические процессы изготовления изделий, используя унифицированные модули обработки отдельных поверхностей или комплектов поверхностей, на основании которых определяют типаж основного оборудования и его количество.

На заключительном этапе производят разработку требований к условиям работы основного оборудования и заданий на проектирование нестандартного оборудования. Проектирование семи вспомогательных модулей выполняют в той же последовательности, что и основной системы. Например, при проектировании модуля инструментаобеспечения необходимо реализовать следующие этапы: установить структуру и функции каждого элемента в модуле; разработать процессы, протекающие в нем, на основании их определить состав и количество оборудования и разработать его планировочное решение.

На базе разработанных производственных маршрутов изготовления изделий производят формирование всей производственной системы путем синтеза основных и вспомогательных модулей и установления единой системы материальных, энергетических и информационных связей в пространстве и во времени, реализуемых впоследствии соответственно транспортным модулем, модулем технического обслуживания и модулем управления и подготовки производства. В основу выбора принципа формирования структурных модулей, их состава, состава и количества оборудования в них, а также построения схемы размещения оборудования в производственных модулях закладывают разработанные схемы материальных потоков.

Алгоритм проектирования предусматривает поэтапное проектирование с последовательным уточнением промежуточных проектных решений, т.е. применение интерактивной схемы, предусматривающей обратную связь по результатам решения, оценки и выбора элементов на различных уровнях проектирования. Однако следует учесть, что допущенная проектная ошибка, выявленная на последующей стадии проектирования, потребует затратить в 10 раз больше средств, если бы она была обнаружена вовремя.

Каждый вариант проектного решения производственной системы формируется путем однократного прохождения всех блоков схемы. При многократных циклах разрабатывают несколько вариантов, причем разработка каждого последующего варианта проектного решения производится только после анализа результатов предыдущего проектного решения. Выбор оптимального варианта решения происходит по принятой системе критериальной оценки. Число разработанных вариантов зависит от уровня унификации проектных решений модулей, сложности объекта проектирования и уровня автоматизации проектных операций.

ВЫВОДЫ.

Из изложенного следует, что использование модульного подхода при проектировании и технологической подготовке производства позволяет создавать конкурентоспособные машиностроительные производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П. Вороненко, Ю.М. Соломенцев, А.Г. Схиртладзе: Проектирование машиностроительного производства. -3 изд.- М: Дрофа, 2007

DESIGNING AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF MECHANICAL ASSEMBLY PRODUCTION USING MODULAR APPROACH

Abstract: The article describes aspects of designing and technological preparation of production using modular approach. Such methodology allows high reduction of time required for generation and reconstruction of manufacturing systems and technological preparation of production, which, as result, will increase the competitiveness of products manufactured.

Witalij DOŁGOW

Uniwersytet Technologiczny STANKIN,
Moskwa, Rosja

ZARZADZANIE KONFIGURACJĄ SYSTEMÓW TECHNOLOGICZNYCH W REALIZACJI ZAMAWIANEJ PRODUKCJI

УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЯМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПОЗАКАЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Одной из фундаментальных проблем машиностроительных предприятий является низкая эффективность организации технологической подготовки производства и самого производства.

Существовавший ранее акцент на производство продукции в настоящее время вытесняется акцентом на реализацию продукции. Практически это привело к значительному росту персонифицированной продукции в общем объеме производства.

Под персонифицированной продукцией понимается модификация изделия, удовлетворяющая требованиям узкого сегмента рынка.

Персонифицированная продукция разрабатывается путем модификации базовой продукции. Допустимые рамки модификации устанавливаются базовой конфигурацией.

Согласно ГОСТ Р ИСО 10007-2007 под базовой конфигурацией понимаются утвержденные данные о конфигурации продукции, в которых установлены взаимосвязанные функциональные и физические характеристики продукции, относящиеся к указанному моменту времени, и используемые в качестве эталона на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Данные о конфигурации – это требования к проектированию, производству, верификации, эксплуатации и обслуживанию продукции.

Производство персонифицированной продукции привело к значительному увеличению номенклатуры продукции и снижению количества изделий в каждой партии. Как правило, персонифицированная продукция производится под заказ. Такая концепция организации производства известна как концепция позаказного производства (производства по заказу). Таким образом, наряду с традиционным производством на склад изделий малой номенклатуры параллельно осуществляется производство под заказ изделий значительной номенклатуры.

При переходе на позаказное производство номенклатура продукции значительно увеличивается, что требует более частого проведения технологической подготовки производства (ТПП) и более гибкого оперативно-календарного планирования и диспетчеризации. Производство персонифицированной продукции осуществляется в рамках определенного технологического метода и реализуется в существующей технологической системе (ТС).

Согласно ГОСТ 27.004-85 под технологической системой понимается совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях заданных технологических процессов и операций.

Различают четыре иерархических уровня этих систем:

- технологические системы операции (рабочих мест),
- технологические системы процессов (производственные линии, реализуемые в составе сетевой производственной системы),
- технологические системы производственных подразделений (производственные участки и цехи),

- технологические системы предприятий.

ТПП персонифицированной продукции с единой базовой конфигурацией может быть сведена к изменению технологического процесса (ТП) и соответствующей переналадке технологической системы производственных подразделений в пределах параметров действующей системы или в пределах ее возможного изменения.

К конфигурации ТС предъявляется ряд требований, которые с точки зрения обеспечения гибкости управления конфигурацией можно объединить в две группы: технические и организационно-экономические требования.

Технические требования (ТТ) обеспечивают достижение требуемого качества изделия и определяются технологическим процессом. Технические требования, являясь обязательными для исполнения, задают допустимые границы возможного изменения конфигурации ТС для обеспечения организационно-экономических требований.

Организационно-экономические требования (ОЭТ) обеспечивают оптимизацию производства определенного изделия в данный момент времени. ОЭТ определяются приоритетом заданного набора критериев оптимизации и их значениями, а также текущим состоянием ТС. В разные моменты времени приоритет критериев оптимизации может меняться. Например, обеспечение заданного уровня себестоимости может уступить место обеспечению определенного уровня производительности, т.е. изготовление продукции к требуемому сроку. В зависимости от текущего состояния ТС производственных подразделений, характеризующего доступность ТС рабочих мест и трудоемкость переналадки, принимаемые организационно-управленческие решения будут различными.

На рис. 1 приведена структура требований, предъявляемых к конфигурации ТС производственных подразделений.

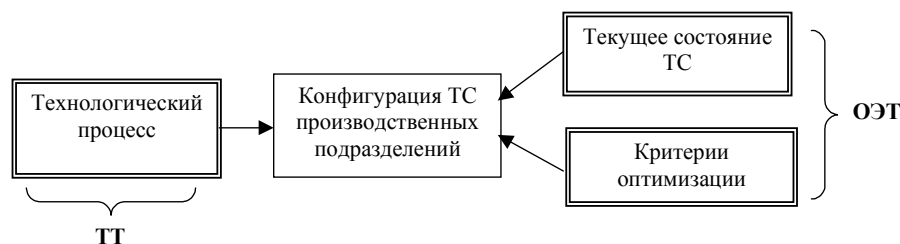


Рис. 1. Структура требований к конфигурации ТС производственных подразделений.

Rys. 1. Struktura wymagań względem konfiguracji systemów technologicznych oddziałów produkcyjnych.

Рассмотрим требования к информационной модели (ИМ) ТП в позаказном производстве.

Согласно ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 под информационной моделью понимается формальная модель ограниченного набора фактов, понятий или инструкций, предназначенная для удовлетворения конкретному требованию.

В соответствии с вышесказанным сформулируем основные требования к ИМ ТП:

- обеспечить требуемое качество изделия,
- обеспечить возможность оперативного управления требованиями к конфигурации ТС.

Требование обеспечения безопасности и экологичности производства также может быть отнесено к основным. Но в данной работе не рассматривается, так как должно выполняться технологическим методом.

Для изготовления деталей, согласно указанным требованиям была предложена гибкая ИМ технологического процесса [1]. Гибкая ИМ ТП создается для группы деталей. Группирование деталей осуществляется по общности служебного назначения.

Служебное назначение группы деталей можно описать следующим набором данных:

- определенным перечнем функций, выполняемых деталью,
- определенным перечнем требований к каждой функции,
- размерностью каждого требования,
- диапазоном значений, установленным для каждого требования.

В рамках данного технологического метода изделия одного служебного назначения можно считать подобными конструктивно и технологически.

ИМ должна содержать три следующих компонента: структуру объекта конфигурации, базу данных модулей и правила их применения.

Исходя из объектно-ориентированного подхода для каждой группы деталей можно создать формализованные информационные модели группы деталей, ТП их изготовления и ТС.

Гибкость ИМ ТП обеспечивается за счет двух стадий проектирования ТП [1].

На первой стадии проектируется директивный ТП (ДТП), а на второй – рабочий ТП (РТП). Принципиальная структура гибкой ИМ ТП представлена на рис. 2.

ДТП содержит структурированный перечень технологических переходов и требования для их выполнения, который определяет принципиальный маршрут движения предмета труда в ТС производственных подразделений. Требования к осуществлению технологических переходов содержат требования к средствам технологического оснащения, технологическим режимам, квалификации рабочих.

Стадия проектирования ДТП содержит два уровня:

1 уровень – проектирование принципиальной схемы. Состав этапов ТП и виды обработки заготовки на каждом этапе определяют принципиальную схему движения заготовки по ТС производственных подразделений.

2 уровень – проектирование ДТП.

Стадия проектирования РТП содержит один уровень – 3 уровень.

ДТП определяет технические требования к изготовлению детали и может быть реализован множеством альтернативных РТП. Альтернативные РТП формируются из ДТП путем наложения на него ОЭТ. РТП отличаются друг от друга уровнем потребляемых ресурсов.

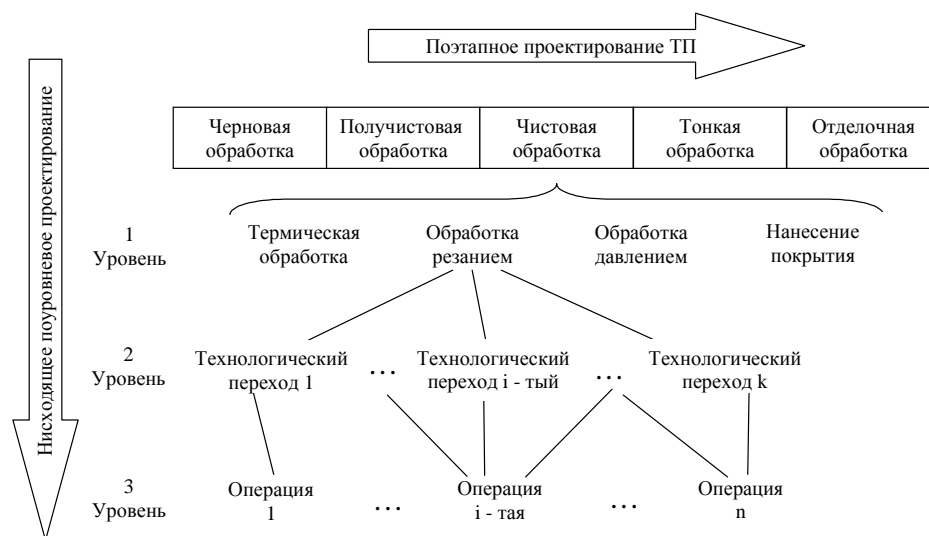


Рис. 2. Принципиальная структура гибкой ИМ ТП.

Rys. 2. Podstawowa struktura elastycznego modelu informacyjnego procesu technologicznego.

Технологический процесс изготовления деталей состоит из этапов: черновой обработки, получистовой, чистовой, тонкой обработки и отделочной. Для различных групп деталей количество этапов изготовления может отличаться от предложенного.

ИМ ТП реализует принцип проектирования «сверху вниз». Проектирование осуществляется последовательно в двух направлениях: в направлении этапов изготовления деталей и в направлении последующей детализации на каждом уровне проектирования.

На этапах изготовления деталей могут выполняться: термическая и механическая обработки, а также нанесение покрытия. Количество этапов для конкретной детали определяется точностью наиболее ответственной поверхности (поверхностей). Таким образом, количество этапов ТП изготовления конкретной детали равно количеству этапов ТП изготовления наиболее ответственной ее поверхности.

Логическая схема проектирования ТП на всех трех уровнях сводится к удалению из определенного списка «лишних» для конкретной детали данной группы элементов технологического процесса и выбору приемлемого решения из альтернативных вариантов (рис. 3).

Базу данных модулей ТП составляют технологические переходы.

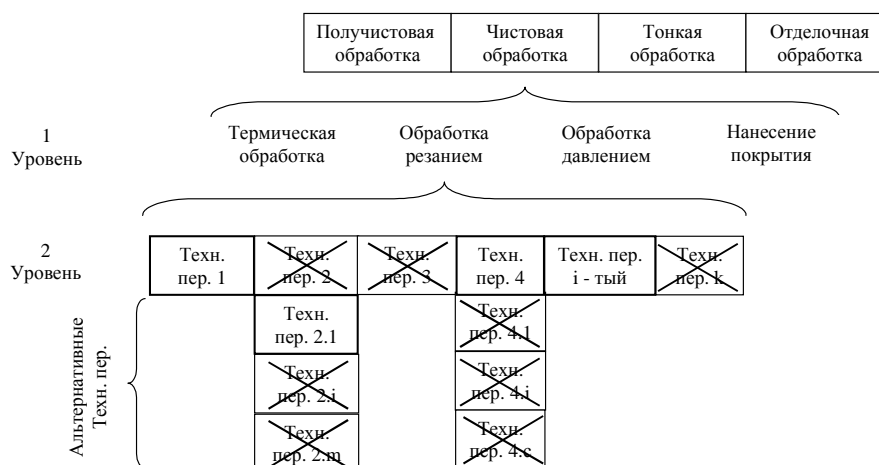


Рис. 3. Логическая схема проектирования ТП.

Rys. 3. Logiczny schemat projektowania procesu technologicznego.

Структура конфигурации ТС производственных подразделений представлена на рис. 4.

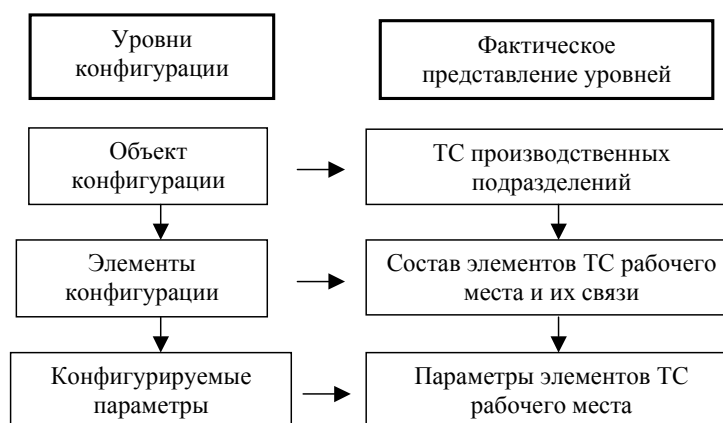


Рис. 4. Структура конфигурации ТС производственных подразделений.

Rys. 4. Strukturalna konfiguracja systemu technologicznego oddziałów produkcyjnych.

Для обеспечения технических требований ДТП необходимо определить перечень альтернативных ТС рабочих мест (ТС-РМ) для каждого технологического перехода технологического процесса изготовления конкретной детали группы. При этом производится сравнение требований технологического перехода к ТС-РМ с техническими возможностями имеющихся ТС-РМ. На рис. 5 заштрихованными кружочками показаны требования технологических переходов, а окружностями – технические возможности ТС-РМ. ТС-РМj-1 не удовлетворяет требованиям i-того технологического перехода, так как технические требования технологического

перехода не обеспечиваются техническими возможностями данной ТС-РМ. И потому не может использоваться. Технические возможности альтернативных ТС-РМ могут быть различны. Например, ТС-РМ_j-тая и ТС-РМ_{j+1}.

Каждому технологическому переходу должна соответствовать хотя бы одна ТС-РМ. Возможно, что одна ТС-РМ, например, ТС-РМ_{j+1} (см. рис. 5), может одновременно удовлетворять требованиям нескольких технологических переходов.

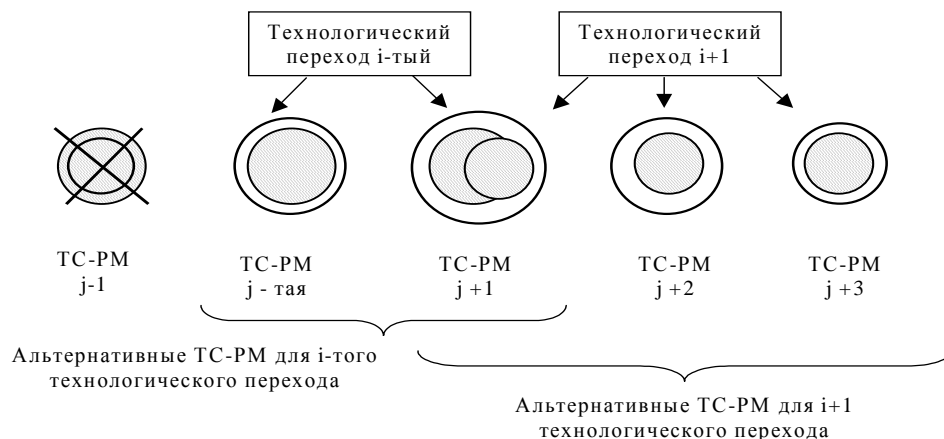


Рис. 5. Определение альтернативных ТС-РМ.

Rys. 5. Wyznaczanie alternatywnych stanowisk roboczych w systemach technologicznych

На следующем уровне конфигурации для ТС-РМ, удовлетворяющих требованиям технологических переходов, определяются элементы конфигурации и их связи. Элементами конфигурации ТС-РМ является технологическая оснастка.

На последнем уровне конфигурации определяются значения параметров ТС-РМ (параметры настройки), например, технологические режимы.

В соответствии с двумя группами требований (см. рис. 1), предъявляемых к конфигурации ТС, была предложена принципиальная структура ИМ ТС-РМ, основу которой составляют две группы данных: технические и организационно-технические возможности (рис. 6).

Технические возможности ТС-РМ группируются по двум следующим функциям, описывающим служебное назначение:

- установка предмета труда,
- выполнение закрепленной работы.

Функция установки предмета труда уточняется требованиями: к габаритным размерам рабочей зоны технологического оборудования; к установке в приспособлении (к комплекту технологических баз; к месту приложения, направлению и величине силы закрепления), а также требованиями к установке приспособления на технологическом оборудовании.

Функция выполнения закрепленной работы уточняется требованиями к техническим и организационно-техническим возможностям ТС.

Организационно-технические возможности ТС-РМ определяют эффективность ее переналадки. Структура времени выполнения переходов определяет возможность их совмещения во времени.

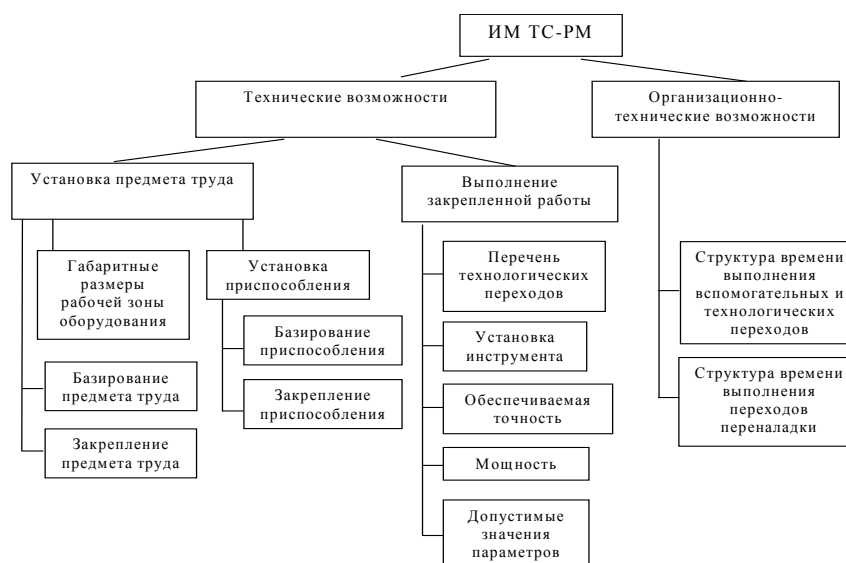


Рис. 6. ИМ ТС-PM.

Rys. 6. Informacyjny model stanowisk roboczych w systemie technologicznym.

ВЫВОДЫ

Гибкая ИМ ТП позволяет формировать и оперативно управлять требованиями к конфигурации ТС производственных подразделений.

Предложенная ИМ ТС производственных подразделений позволяет оперативно управлять ее конфигурацией в позаказном производстве.

Данная методическая база управления конфигурацией ТС производственных подразделений позволит существенно повысить эффективность их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгов В.А. Повышение эффективности позаказного производства путем создания «гибкой» информационной модели технологического процесса. Вестник МГТУ «Станкин». М.: МГТУ «Станкин», № 4, 2008, с. 69 – 75.
2. Г.А. Киселев. Переналаживаемые технологические процессы в машиностроении. М.: Издательство стандартов, 1980.

CONFIGURATION MANAGEMENT OF MANUFACTURING SYSTEM IN ORDER PRODUCTION

Abstract. Realization concept of manufacturing system configuration management in order production is offered. This concept provides dramatically increase of the efficiency of the manufacturing system by means of configuration management in areas like technical and organizational requirements.

S. G. ZUBKOW

W. J. REZNICZENKO

D. S. CHMIEL

Akademia Rynku i Technologii Informatycznych MARTIT

Moskwa, Rosja

СЫВКОЌИОВЫ ГЕЛИКОПТЕР З ОСИОВЫМ ОПЛЫВЕМ ЂМИГЕЛ**СКОРОСТНОЙ ВЕРТОЛЕТ С ОСЕВЫМ ОБТЕКАНИЕМ ВИНТОВ - ВИНТОЛЕТ.**

Ограниченность скорости полета вертолета и невысокая экономичность на крейсерской скорости приводят к тому, что он применяется, в основном, для местных перевозок на расстояния не более 500 км. Все увеличивающаяся транспортная нагрузка и перегруженность наземной транспортной инфраструктуры увеличивает потребность в создании транспортного средства эффективно осуществляющего вертикальный взлет и полет с большими скоростями. FAA и NASA выработаны требования к оптимальному АВВП (Аппарат вертикального взлета и посадки), которые предусматривают перевозку 20-28 пассажиров на маршрутах до 1000 км с использованием взлета в черте города.

Имеется также потребность в аппарате на 8-9 пассажиров осуществляющем полет со скоростью около 700 км/ч, с дальностью около 1300 км грузоподъемностью около 2500 кг. Как известно, разработка винтовых вертикально взлетающих аппаратов идет в основном двумя путями: создание конвертопланов и увеличение скорости полета вертолета.

Проекты увеличения скорости вертолета, не позволяют значительно увеличить скорости полета при резком усложнении конструкции и снижении весовой эффективности. Аппараты, использующие поворотные воздушные винты, развивают большие скорости при работе винта в осевом потоке, за счет устранения неравномерности потока в течение оборота лопасти. Основным недостатком большинства проектов таких АВВП является, либо невысокая эффективность на взлете, либо плохие характеристики в полете. Концепция нового аппарата, предложенная нами, называется винтолет -она позволяет лететь на винте без крыла и увеличить скорости полета на винтах, за счет создания подъемной силы на винтах, ориентированных осями по направлению полета.

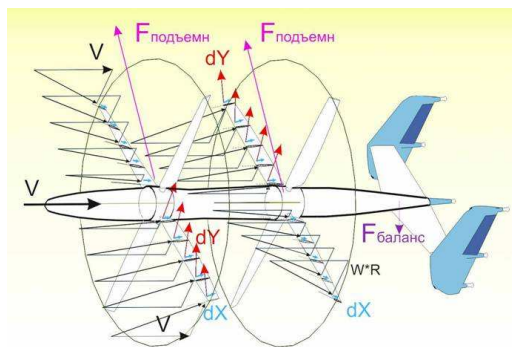


Рис. 1. Схема создания сил винтами винтолета в осевом потоке

Rys. 1. Schemat konstytuowania sił łopatomi wintolota w osiowym strumieniu.

Предложенный нами “Способ полета в расширенном диапазоне скоростей полета на винтах с управлением вектором силы” (заявка РСТ Ru2008/000004), может использоваться для осуществления горизонтального полёта и маневрирования в полёте на летательных аппаратах, использующих поворот несущих винтов от положения с вертикальными осями винтов на взлёте к горизонтальному положению осей винтов в горизонтальном полёте.

В соответствии с предлагаемым способом можно эффективно создавать силу, перпендикулярную оси винтов, как при строго осевом обтекании воздушных винтов, так и при значительном увеличении угла оси к потоку до 45° , обеспечивая отсутствие срывов потока с лопастей и создание тяги, при отсутствии зон отрицательных углов атаки.

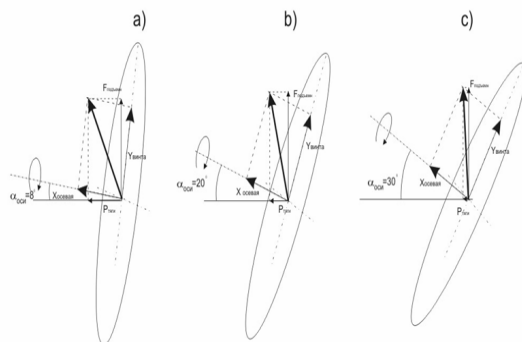


Рис. 2. Схема создания сил под различными углами винтов к потоку

Rys. 2. Schemat konstituowania sił przy różnych kątach łopat względem strumienia.

При увеличении угла оси винта к потоку силы, создаваемые винтом, отклонятся вверх, что приведет к возрастанию подъемной силы и снижению тяги. Причем винтолет может лететь указанным способом, как со скоростями, значительно превосходящими скорости полёта вертолета, так и при достаточно низких скоростях полёта сравнимых со скоростями винтокрылов и вертолетов.

Наиболее эффективно подъемная сила может быть создана при установке оси строго по потоку при флюгировании лопасти на большей части оборота, и увеличении углов атаки лопастей на несколько градусов в пределах четверти оборота винта.

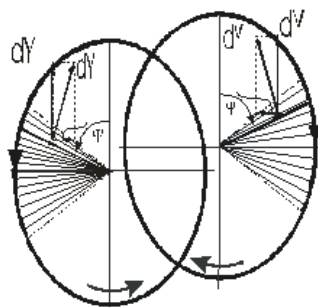


Рис. 3. Схема создания сил на одной четверти оборота винтов винтолета

Rys. 3. Schemat konstituowania sił przy jednej czwartej obrotu łopat.

Расчет винта с шарнирно закрепленными лопастями с учетом маятниковых колебаний лопасти в течение оборота показывает, что колебания лежат в пределах позволяющих обеспечить устойчивую работу винта, носят синусоидальный характер и не вызывают существенного ухудшения характеристик. Причем, происходит существенное увеличение колебаний лопасти в плоскости винта. По сравнению с вертолетами и винтокрылами «Винтолет» имеет вдвое большую скорость полета и уменьшение расхода горючего в расчете на километр пути на крейсерской скорости полета, которое приводит к увеличению дальности полета. На винтолете достигается большая эффективность использования винтов, как на взлете, так и в полете, поскольку все необходимые для полета силы создаются на винтах.



Беспилотный Винтолет будет обладать помимо возможности зависать, большой скоростью и дальностью полета, высокими возможностями маневрирования. Простота конструкции позволит создавать аппараты с высокой весовой эффективностью.

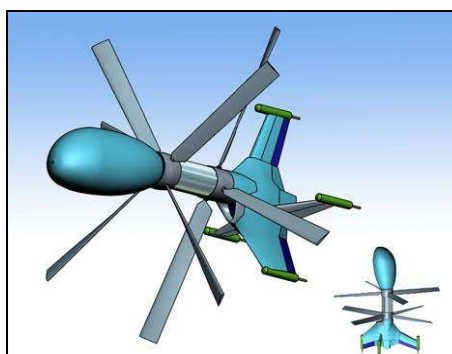


Рис.4. ДПЛА винтолет в полете и на взлете

Rys. 4. Wintolot w czasie lotu i przy starcie.

Пилотируемый винтолет с вертикальным положением корпуса на взлете может быть востребован, как личное средство для полетов. Летные качества позволят ему осуществлять эффективное маневрирование в полете. Простота конструкции увеличит, как весовую эффективность, так и надежность аппарата. Высокая скорость и дальность и безаэродромное базирование позволит использовать его для решения большого спектра задач транспортно связного характера

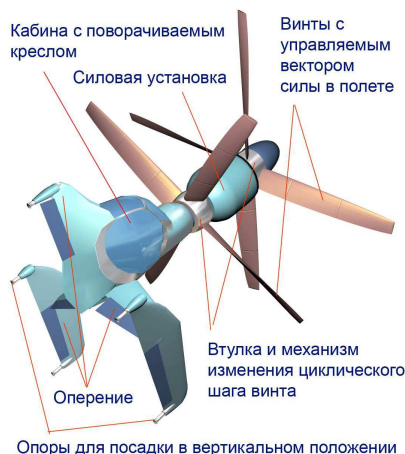


Рис. 5. Одноместный винтолет в полете.

Rys. 5. Jednomiejscowy wintolot w czasie lotu.

Пилотируемый винтолет с поворотными винтами позволит четырем пассажирам в комфортабельных условиях осуществлять полеты между любыми площадками на европейском континенте. Взлетев с площадки оборудованной на крыше здания в мегаполисе, за два часа полета он сможет перенести пассажиров на расстояние, которое за это время они могли бы преодолеть только на самолете.

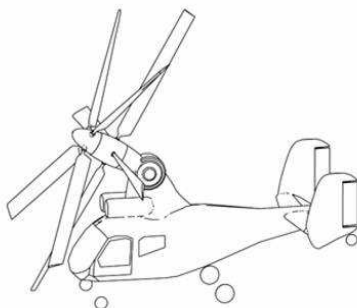


Рис.6. Легкий винтолет с поворотными винтами в полете

Rys. 6. Lekki wintolot z obrotowymi śmigłami w czasie lotu.

Транспортный винтолет с поворотными винтами позволит осуществлять перевозки людей на маршрутах средней дальности (на расстояния 1-2 тысячи километров) со скоростями 600 – 800 км/ч. При этом будет достигаться снижение затрат времени пассажиров и экономия средств, за счет отсутствия необходимости в использовании громоздкой и дорогостоящей инфраструктуры аэропортов. Транспортные задачи освоения отдаленных территорий на крайнем севере, в Сибири, в районе Амазонки и Африки, на данный момент, не могут быть эффективно решены, никакими другими авиационными средствами. В настоящее время в производстве военных и гражданских самолетов и вертолетов применяются композиционные материалы (КМ) взамен легких сплавов и сталей, свойства которых находятся на предельном уровне, обусловлено не только высокими физико-механическими свойствами КМ, меньшей массой деталей из КМ по сравнению с деталями из алюминиевых, титановых сплавов и стали, но и возможностью конструктора конструировать материал под заранее заданные свойства для агрегатов летательных аппаратов (ЛА), работающих в сложных условиях.

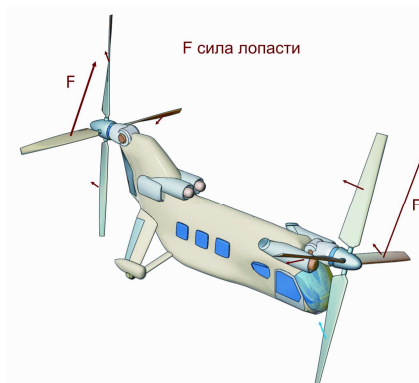


Рис. 7. Транспортный винтолет с поворотными винтами в полете.

Rys. 7. Wintolot transportowy z obrotowymi śmigłami w czasie LOTU.

Хотя композиционные материалы (КМ), такие как стеклопластики, углепластики, органопластики, используются в инженерной практике уже много лет, появление новых КМ, таких как базальтопластики, на основе непрерывных волокон, позволило создать такие конструкции, которые обладают новым комплексом свойств, таких как повышенная ударопрочность, температуростойкость, высокая способность к шумопоглощению, щелоче- и кислотостойкостью, низкой себестоимостью и довольно высоким модулем упругости.[1].



Рис.8. Транспортный винтолет с поворотными винтами на взлете

Rys. 8. Wintolot transportowy z obrotowymi śmigłami w czasie startu.

Появилась возможность оптимизации конструкции не только за счет рационального выбора схемы укладки слоев, но и путем гибридизации-смешивания различных видов волокон в одной матрице-получать новые свойства КМ. По демпфирующей способности, вибропрочности, звукопоглощению и ряду других свойств ГКМ (гибридные композиционные материалы) значительно превосходят металлы. [2].

Появившийся новый класс КМ в добавление к известным-стеклопластикам, углепластикам, органопластикам, так называемый, базальтопластик, на основе непрерывных базальтовых волокон, позволяет создать новые виды конструкций с заранее заданными свойствами, например, шумопоглощающими (на 10-20 Дб нижеустановленных), термостойкими (до $T=1000^{\circ}\text{C}$), высокопрочными и высокомодульными ($\sigma=1000\text{Мпа}$, $E=110000\text{Мпа}$), ударопрочными и др.

В последнее время в число мероприятий по защите окружающей среды и снижению загрязнений включается ограничение шума. Важную роль здесь могут сыграть специальные конструкции с использованием КМ, которые улучшают поглощение звука по сравнению с металлами. Чаще всего в качестве заполнителя в шумопоглощающих панелях используют сотовые блоки из титана, алюминия или бумажные типа ПСП или Nomex.

Применение в конструкции винтолета КМ, например базальтопластика, позволит создать легкую, высокопрочную конструкцию, обладающую минимальной стоимостью, радиопрозрачностью, повышенной шумопоглощаемостью и ударной прочностью.

ВЫВОДЫ

Создан проект нового вида ЛА, так называемый ВИНТОЛЕТ, обладающий рядом преимуществ, по сравнению с вертолетом и самолетом, причем применение современных композиционных материалов позволит создать легкую и прочную конструкцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмель Д.С., Летим на винте Научно-технический журнал "Двигатель" №6 Москва, 2007.
2. Резниченко В.И., Хомич В.И. Применение композиционных материалов в энергетике, электротехнике, электронике. Российский Дом Знаний. Москва. 1992г

THE HIGH-SPEED HELICOPTER WITH AN AXIAL FLOW OF SCREWS - ROTORFLY.

Abstract. Rotorfly - The concept of an AIRCRAFT flying by air screw in axial stream combining advantages of the helicopter and ortopter.

Walerij A. KIRILOWICZ
K. G. BIDENKO
N. W. MAKARENKO
Instytut Inżynierji Technologicznej
Żytomierz, Ukraina

AUTOMATYCZNE KLASYFIKOWANIE STREF OBSŁUGI URZĄDZEŃ TECHNOLOGICZNYCH PRZEZ ROBOTY PRZEMYSŁOWE

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗОН ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ

ВСТУПЛЕНИЕ.

Проектирование модульных роботизированных механосборочных технологий (МРМСТ) предусматривает упорядоченное выполнение манипуляционных движений схватом (Сх) промышленного робота (РР) с/без объекта манипулирования (ОМ) определенного технологического содержания и состава при технологическом обслуживании основного и/или вспомогательного технологического оборудования (соответственно ОТО и/или ВТО). Указанное определяет содержание одного из представленных ранее [1] базовых технологических модулей (БТхМд) – технологического модуля обслуживания рабочих позиций (РП) СхРР. Для формирования указанных ТхМд необходимо знать размеры, расположения и координатные направления возможного доступа СхРР в зону обслуживания (ЗО) анализируемого технологического оборудования (ТО). Это указывает на необходимость автоматизированной классификации ЗО ТО с определением перечисленных параметров.

Целью данного исследования является уменьшение трудоемкости и повышение эффективности технологической подготовки роботизированного механосборочного производства на этапе автоматизированного проектирования МРМСТ при формировании базовых технологических модулей обслуживания рабочих позиций промышленными роботами в части анализа составляющих РП.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ.

Среди технологических и конструктивных характеристик каждой из единиц ТО важное значение относительно возможности эффективного использования РР при обслуживании РП имеют следующие геометрические параметры ТО: зоны запрета (ЗЗ), рабочее пространство (РПр) и зона обслуживания (ЗО). ЗЗ ТО характеризуют невозможность нахождения в них СхРР при функционировании гибких производственных систем, например, гибких производственных ячеек (ГПЯ), т.е. это пространство, “занятое” конструктивными элементами ТО или его приспособлениями (Пр), а также пространство, перемещение СхРР в котором невозможно ввиду конструктивных особенностей самого схвата. Пространство, в котором выполняется технологический процесс механической обработки и/или сборки изделия, называется РПр ТО. Именно в это пространство должна быть обеспечена достижимость СхРР. Под ЗО подразумевается часть РПр ТО, в которой перемещается извне в СхРР с (или без) ОМ перед загрузкой (разгрузкой) его (ОМ) в зажимное устройство (приспособление) ТО. Расположение и геометрические размеры ЗО в значительной мере влияют на выбор типа РР и эффективность его использования, взаимное расположение ТО с РР и

состав движений ПР при технологическом обслуживании ТО, так как „вглубь” этой зоны должен переместиться СхПР и двигаться по определенной траектории вместе с ОМ (или без него) к зажимному устройству и/или Пр ТО (или от него).

В основу дальнейших исследований авторами положено следующее утверждение: для любого t-го ТО существует ЗО, характеризующая определённым размещением, размерами и векторами доступа. Формализованное представление указанного можно представить следующим образом:

$$\forall TO_t \exists_s r_n \in \{X, Y, Z\}; s \in \{+, -\}; t = \overline{1, T}; n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где X, Y, Z – координатные оси, по которым возможен доступ к ЗО t-го ТО; s – знак вектора доступа СхПР к ЗО t-го ТО; T – количество анализируемых единиц ТО, входящих в состав ГПЯ и обслуживаемых ПР; N – количество векторов доступа к ЗО t-го ТО в принятой системе координат (с учётом знака).

Принято, что данная ЗО может быть обслужена СхПР.

При классификации зон обслуживания ТО используется его (ТО) правая система координат X, Y, Z, начало которой располагается в левом ближнем нижнем углу ТО (на виде спереди), с учетом его (ТО) выступающих конструктивных элементов. Таким образом, по количеству координатных направлений доступа СхПР все ЗО целесообразно поделить на:

– открытые – это зоны, которые имеют неограниченный доступ СхПР по всем осям со всех координатных направлений;

– полукоткрытые, что в свою очередь делятся на зоны с доступом с трех и четырех координатных направлений;

– закрытые, которые имеют доступ по одному и двум координатным направлениям.

Анализ ЗО существующего на сегодня механосборочного основного и вспомогательного ТО (ОТО и ВТО) показал, что для реализации той или иной схемы обслуживания ТО имеют значение лишь форма и взаимное расположение ограничительных поверхностей, которые образуют ЗО и определяют доступ к ней [2]. Тогда для автоматизированной классификации ЗО ТО достаточным является использование чертежей главного вида и вида сверху ТО с соответствующим разбиением конструктивного объёма анализируемого ТО на ЗЗ, РПр и ЗО. Разделение на ЗЗ выполняется снизу вверх, слева направо в виде геометрических 3-D примитивов, например, параллелепипедов [3, 4].

Определение векторов доступа и геометрических размеров ЗО предлагается выполнять с использованием нечетких нейронных сетей (ННС). Само использование ННС при автоматизированной классификации ЗО ТО есть целесообразным и оправданным, поскольку при анализе исходных данных и непосредственно классификации ЗО имеет место нечеткость, которая, кроме того, в ряде случаев характеризуется многопараметричностью, лингвистическим характером входных данных и слабой формализацией [1, 5].

Реализация методики автоматизированной классификации ЗО ТО СхПР предполагает последовательное выполнение четырех этапов, каждый из которых может иметь самостоятельную значимость для непосредственного проектирования МРМСТ или какой-либо её части. Обобщенная структурная схема указанной методики [5] представлена на рис. 1.



Рис. 1. Обобщённая схема предлагаемой методики автоматизированной классификаций ЗО ТО СхПР

Rys. 1. Uogólniony schemat proponowanej metody automatycznej klasyfikacji stref obsługi urządzeń technologicznych przez RP.

На первом этапе проводится анализ входных данных, а именно геометрических и конструктивных характеристик ТО с выполнением (при необходимости) чертежей всех необходимых видов и с указанием размеров в принятой (упоминавшейся выше) системе координат ТО. Далее выполняется разбивка ТО на ЗЗ по известным правилам [3, 4].

Выполненный чертёж ТО является вспомогательной информацией и используется для формализованного описания ТО. В данном случае использовано формализованное описание посредством пространственно-компоновочных характеристик (ПКХ) (на примере металлорежущих станков) [4]:

$$ПКХ := [O(p, d) \cdot k] \cdot S \cdot [L(l) \vee D(d)] \cdot [B(b), \beta, \gamma] > [Z_i | i = \overline{1, n}], \quad (2)$$

где $O \in (GVV)$ – координатная ось вращения шпинделя (G – горизонтальная ось, V – вертикальная); P – наибольшее расстояние от торца вертикального (или от оси горизонтального) шпинделя к рабочей поверхности стола (направляющих станин), мм; d – наибольший угол поворота шпиндельной головки, град; S – габаритные размеры ТО с выносным оборудованием по координатным направлениям в принятой системе координат, мм: $S = X(x) \vee Y(y) \vee Z(z)$; L – длина и D – ширина, размеры рабочей поверхности стола, мм; B – величины линейных перемещений стола по координатным направлениям, мм; β, γ – углы дискрет поворота стола (если такой параметр предусматривается в характеристиках ТО), град; Z_i – размеры i -ой ЗЗ, мм: $Z_i = X_i(x) \vee Y_i(y) \vee Z_i(z)$; n – количество ЗЗ.

Очевидно, что ПКХ-формализованное описание ТО является информационно избыточным для решения конкретных задач данной проблемы.

На втором этапе определяются геометрические размеры РПр каждой из РП. В зависимости от размещения приспособления ТО, системы ЧПУ и других конструктивных характеристик ТО, а также от разбиения ТО на ЗЗ, геометрические размеры РПр вычисляются по перечисленным правилам. В данном случае РПр имеет вид параллелепипеда и его размеры могут быть рассчитаны путем по координатного вычитания от габаритных размеров ТО размеров всех ЗЗ (при их наличии):

$$(S \in (x, y, z)) = (S_{ГР} - S_{33_1} - S_{33_2} - \dots - S_{33_n} | S_i \in (x, y, z); i \in \{ГР, 33_1, \dots, 33_n\}) \quad (3)$$

где S – размер РПр по соответствующей координате, мм; $S_{ГР}$ – габаритный размер ТО по соответствующей координате, мм; S_{33_n} – размер n -ой ЗЗ по соответствующей координате, мм.

Следующие этапы автоматизированной классификации предполагают использование ННС [6] (см. рис. 2).



Рис. 2. Система ННС автоматизированной классификаций ЗО ТО Пр.

Rys. 2. System rozmytych sieci neuronowych automatycznego klasyfikowania stref obsługi urządzeń technologicznych RP.

На третьем этапе определяется вектор (векторы) доступа СхПр к РПр ТО. Лингвистический характер исходных данных определяет использование нечеткой системы. Для этого используется разработанный набор нечетких правил типа “если - то”. В результате построения системы проводится анализ размещения всех ЗЗ с последующим определением направления (направлений) вектора (векторов) доступа СхПр к РПр ТО (с той стороны, где ЗЗ отсутствует полностью или частично).

На четвертом этапе определяются геометрические параметры ЗО с учетом относительного размещения приспособления ТО и Пр. Учитывая результаты предыдущих этапов, возможными являются несколько направлений вектора доступа СхПр к РПр. Геометрические параметры ЗО определяются посредством следующего выражения:

$$S_{(AB)_n} = S_{(AA_n)_n} + S_{(A_nD)_n}, \quad (4)$$

где $S_{(AD)_n}$ – размер ЗО n -го ($n = \overline{1,5}$) вектора доступа СхПр к РПр ТО (выход ННС1); $S_{(AA_n)_n}$ – расстояние от внешней т. А (начальная точка БТхМд технологического обслуживания t -го ТО) к промежуточной точке (края ТО) относительно n -го вектора доступа СхПр к РПр ТО; $S_{(A_nD)_n}$ –

расстояние от промежуточной точки (края ТО) к т. D (крайней точки перед загрузкой ОМ СхПР в Пр ТО) относительно n -го вектора доступа СхПР к РПР ТО.

Непосредственное программирование системы автоматизированной классификации ЗО выполняется в системе MatLab с помощью пакетов ANFIS и Fuzzy Logic Toolbox и соответствующих модулей пакетов [7]. Этап анализа входных данных выполняется с помощью MS Word, возможно использование графического редактора Компас. Для определения геометрических размеров РПР ТО используется MS Excel. Структурная схема программного обеспечения всех этапов автоматизированной классификации ЗО ТО приведена на рис. 3.

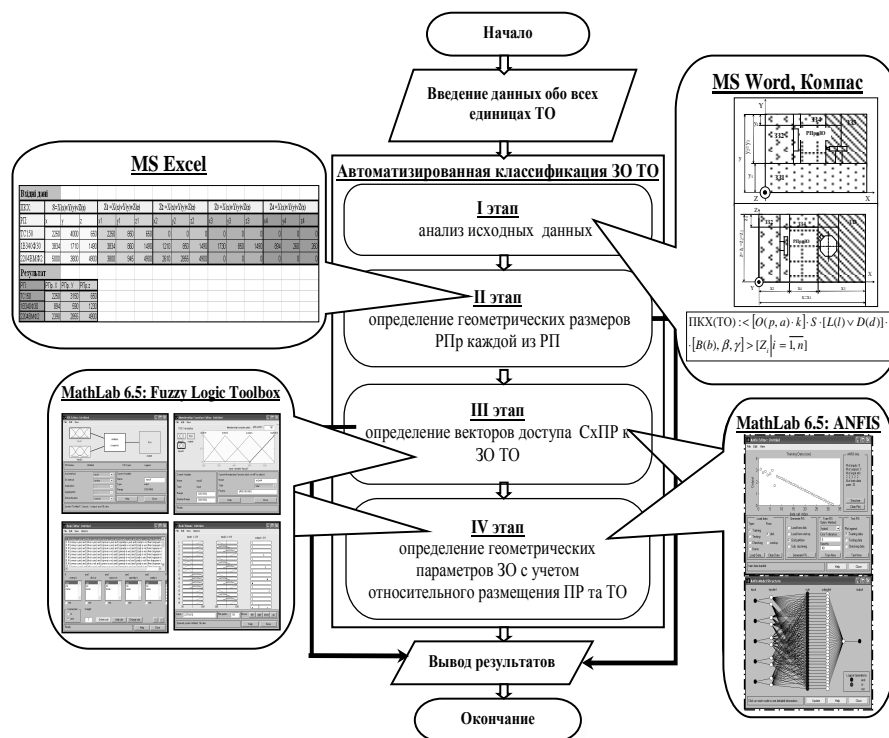


Рис. 3. Структурная схема функционирования программного обеспечения

Rys. 3. Strukturalny schemat funkcjonowania wspomagającego oprogramowania komputerowego.

На основании методики автоматизированной классификации ЗО ТО разработан алгоритм, определяющий участие проектировщика и программного продукта при реализации данной классификации (табл. 1).

Таблица 1. Упрощенный алгоритм методики автоматизированной классификаций ЗО РП и участие в ней проектировщика.

Tabela 1. Uproszczony algorytm metody automatycznego klasyfikowania stref obsługi przez roboty przemysłowe.

Этап	Алгоритм	Выполнение		Примечание
		автоматически	проектировщиком	
I	1. Подготовка и анализ исходных данных. 1.1. Выполнение чертежей РП с указанием всех необходимых размеров. 1.2. Формирование ПКХ по формуле (2). 1.3. Определение РПР по определенными правилам.	+	+	
II	2. Нахождение геометрических размеров РПР ТО. 2.1. Построение таблицы за данными ПКХ ТО в MS Excel. 2.2. Вычисление геометрических размеров РПР ТО с помощью математических вычислений в MS Excel по формуле (3).	+	+	подлежит дальнейшей автоматизации
III	3. Нахождение вектора (векторов) доступа СхПР к ЗО ТО. 3.1. Формирование выборки входных данных. 3.2. Формирование ННС1. 3.3. Получение результата (выход ННС1). 3.4. Идентификация результата работы ННС1 с определением класса и подкласса анализируемого ТО относительно доступа к ЗО	+	+	подлежит дальнейшей автоматизации
IV	4. Нахождение геометрических параметров ЗО. 4.1. Формирование выборки входных данных относительно формулы (4). 4.2. Формирование ННС2. 4.3. Получение результата (выход ННС2).	+	+	подлежит дальнейшей автоматизации

ВЫВОД

Разработанная автоматизированная классификация ЗО ТО РП – необходимая составляющая технологической подготовки роботизированного механосборочного производства, которая позволит в дальнейшем проектировать МРМСТ на этапе формирования БТхМд технологического обслуживания РП для технологических структур типа ГПЯ с учетом геометрических характеристик ТО, конструктивно-технологических особенностей РП и взаимного размещения ТО и РП. Автоматизация данного этапа проектирования позволит повысить эффективность технологической подготовки роботизированного механосборочного производства за счёт уменьшения времени самого

проектирования, и увеличения обоснованности принимаемых технологических решений за счёт избежания возможных ошибок, допускаемых человеком-проектировщиком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирилович В. А., Коваль А. В., Шиш В. В. До питання інформаційно-методичного забезпечення автоматизованого синтезу модульних роботизованих механоскладальних технологій // Тези міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів, молодих вчених „Прогресивные направления развития машино-приборостроительных отраслей и транспорта”. – Видавництво СевДТУ, Севастополь, 12–16 травня 2008 року. – С.15.
2. Спину Г.О., Юмашев В.Є. Робототехніка: Монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2008.– 332 с.
3. Kirilowicz Walery, Saczyk Ilona. Projektownie wspomagane komputerowo kompatybilności geometrcznej zespołów modułów robotów przemysłowych i maszyn technologicznych // Modulowe konstrukcje I technologie w budowie maszyn – MTK'02.- Olszanica, Poland. – 2002. – С. 173 –183.
4. Кирилович В. А., Клодницкий М. М., Лисогор Ю. І, Неподобний О. А. Формалізований опис просторово-компонувальних характеристик металорізальних верстатів // Вісник ЖІТІ. – Житомир. – 1996. – №3. – С. 115 – 120.
5. Кирилович В. А., Біденко К. Г., Макаренко Н. В. Методика автоматизованої класифікації зон обслуговування технологічного обладнання промисловими роботами // Тези XXXIV науково-практичної міжвузівської конференції, присвяченої Дню університету. – Житомир, 16–18 березня 2009 року. – С. 32-33.
6. Круглов В. В., Дли М. И., Годунов Р. Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2004. – 224 с.
7. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с., ил.

THE AUTOMATED CLASSIFICATION FOR THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT SERVICE ZONES BY INDUSTRIAL ROBOTS

The opportunity of automation of classification of zones of service of technological equipment with the subsequent definition of the size, arrangement and coordinate direction of possible access setting of the industrial robot in a zone of service is considered Classification of zones of service of technological equipment an industrial robot is for what conducted and the method the automated of classification of zones of service is developed.

M. B. BARAKATIN**W. J. REZNICZENKO**Akademia Rynku i Technologii Informatycznych MARTIT,
Moskwa, Rosja**CECHY CHARAKTERYSTYCZNE OPRACOWANIA PANELI Z BAZALTOPLASTYKÓW
POCHŁANIAJĄCYCH HAŁASY****ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ
ПАНЕЛЕЙ ИЗ БАЗАЛТОПЛАСТИКА**

Широкое внедрение в производство военных и гражданских самолетов и вертолетов композиционных материалов (КМ) взамен легких сплавов и сталей, свойства которых находятся на предельном уровне, обусловлено не только высокими физико-механическими свойствами КМ, меньшей массой деталей из КМ по сравнению с деталями из алюминиевых, титановых сплавов и стали, но и возможностью конструктора конструировать материал под заранее заданные свойства для агрегатов ЛА, работающих в сложных условиях.

Хотя КМ, такие как стеклопластики, углепластики, органопластики, используются в инженерной практике уже много лет, появление новых КМ, таких как базальтопластики, на основе непрерывных волокон, позволило создать такие конструкции, которые обладают новым комплексом свойств, таких как повышенная ударпрочность, температуростойкость, высокая способность к шумопоглощению, щелоче- и кислотостойкостью, низкой себестоимостью и довольно высоким модулем упругости.

Появилась возможность оптимизации конструкции не только за счет рационального выбора схемы укладки слоев, но и путем гибридизации-смешивания различных видов волокон в одной матрице- получать новые свойства КМ. По демпфирующей способности, вибропрочности, звукопоглощению и ряду других свойств ГКМ (гибридные композиционные материалы) значительно превосходят металлы.

Появившийся новый класс КМ в добавление к известным-стеклопластикам, углепластикам, органопластикам, так называемый, базальтопластик, на основе непрерывных базальтовых волокон, позволяет создать новые виды конструкций с заранее заданными свойствами, например, шумопоглощающими (на 10-20 Дб нижеустановленных), термостойкими (до $T=1000^{\circ}\text{C}$), высокопрочными и высокомодульными ($\sigma=1000\text{Мпа}$, $E=110000\text{Мпа}$), ударпрочными и др.

В последнее время в число мероприятий по защите окружающей среды и снижению загрязнений включается ограничение шума. Одним из источников шума являются передняя и задняя оконечности двигателя, поэтому соответствующие секции мотогондолы должны быть звукоизолированы. Важную роль здесь могут сыграть специальные конструкции с использованием КМ. При этом может быть достигнут двойной эффект. КМ не только компенсирует дополнительную массу глушителей, но и улучшает поглощение звука по сравнению с металлами. Чаще всего в качестве заполнителя в шумопоглощающих панелях используют сотовые блоки из титана, алюминия или бумажные типа ПСП или Nomex. Поэтому представляет интерес применение нового вида панелей, состоящих из обшивок и складчатых сот из базальтопластика, обладающих повышенной шумопоглощаемостью. Целью нашей работы были разработка и обоснование концепции применения перспективного композиционного материала на основе базальтовых волокон в панелях двигателей, формирование основных требований к расчету и проектированию шумопоглощающих трехслойных панелей, разработки схемы выкладки и конструктивных особенностей складчатого сотового блока из

базальтопластика, исходя из особенностей его применения в панелях двигателей гражданских и военно-транспортных самолетов в современных условиях. Анализ применения перспективных композиционных материалов, стойких к воздействиям высоких температур и позволяющих существенно снизить массу конструкции панелей двигателей типа углепластиков и органопластиков показал, что по многим показателям, особенно по стоимости и шумопоглощающим свойствам, базальтопластик намного превосходит многие известные КМ. Звукопоглощающая конструкция панели мотогондолы двигателя представляет собой сэндвич, состоящий из обшивки на основе базальтовой ткани, сотового заполнителя специальной объемной звукопоглощающей конструкции, базальтовой ваты и перфорированной металлической второй обшивки, склеенных на термостойком полиимидном связующем.

Разработанная конструкция звукопоглощающей панели мотогондолы двигателя позволяет:

- защитить экипаж и пассажиров от шума двигателей;
- иметь снижение уровня шума на 10-20 Дб ниже установленных Федеральными
- и международными воздушными правилами, особенно для самолетов, эксплуатируемых
- в районах с высокой плотностью населения;
- применение композиционных материалов не только улучшает поглощение звука по
- сравнению с металлами, но и снижает массу двигателей;
- применение базальтопластика на основе полиимидных связующих повысит жаростойкость
- конструкции двигателей, а также повысит стойкость панелей к ударным воздействиям;
- применение базальтопластика на порядок снизит стоимость 1 кг конструкции по сравнению с угле-органопластиковыми;

Эффект широкополосного шумопоглощения обеспечивается переменностью высоты камер Гельмгольца, образуемых наклонными элементами складчатого заполнителя в звукопоглотителях резонансного типа; большей площадью структуры, заключенной в единицу объема; возможностью компоновки заполнителя из нескольких слоев с разной плотностью рельефа; возможностью использования акустически проницаемых материалов-сетчатых композитов или металлической сетки.

Проведено изготовление натурных экспериментальных образцов шумопоглощающих панелей для проведения испытаний.

В настоящее время разрабатываются практические рекомендации по созданию методики расчета и проектирования шумопоглощающих панелей из перспективного композиционного материала на основе базальтовых волокон, выдача рекомендаций по схеме выкладки и конструктивным особенностям складчатого сотового блока из базальтопластика, исходя из особенностей его применения в панелях двигателей самолетов в современных условиях.

ВЫВОДЫ

Разработаны конструктивно-технологические рекомендации по применению перспективных композиционных материалов, стойких к акустическим, температурным и ударным воздействиям и позволяющих существенно снизить массу конструкции панелей двигателей самолетов.

Натурные экспериментальные образцы панелей и проведенные испытания подтвердили техническую реализуемость и оценку показателей эффективности предложенного вида сот, материала, конструкции и технологии.

Нам необходимы Ваши предложения о проведении совместных опытно-конструкторских работ и кооперации исполнителей для применения вышеуказанных разработок в различных видах техники.

По некоторым разработкам предложенная концепция сотового блока и панелей из базальтопластика для двигателей самолетов не имеет мировых аналогов.

Применение концепции шумопоглощающих панелей двигателей из базальтопластика, методики расчета и проектирования, а также технологии изготовления возможно для

применения в других элементов конструкций из КМ , в частности, автомобилестроении, судостроении, вагоностроении, ракетной техники, гражданском строительстве и др..

СПИСОК ЛИТЕРАТУР

1. Базальтоволоконные материалы. Сборник статей под ред. проф. В.И. Костикова. М. "Информ Конверсия" 2001.- 256с.
2. Резниченко В.И., Хомич В.И. Применение композиционных материалов в энергетике, электротехнике, электронике. Центральный Российский Дом Знаний., Москва.1992.-238с.

MANUFACTURING ANTINOISE PANELS PRODUCED FROM BAZALTPLASTIC

Adstract. The development of the construction and manufacturing antinoise panels produced from composite materials with using bazalt filament for the engine of civil aircraft

Nikołaj POPOK

Połocki Uniwersytet Techniczny,
Nowopołock, Białoruś

WIELOFUNKCYJNE BLOKOWO – MODUŁOWE NARZĘDZIA SKRAWAJĄCE

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЙ РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

ВВЕДЕНИЕ.

Анализ тенденций современного развития механической обработки поверхностей деталей, станков и технологической оснастки показывает [1], что для повышения конкурентоспособности выпускаемых изделий широко применяется объединение технологий снятия припуска, как различных операций механической обработки материала, так и согласованных между собой термической, химической и электроэрозионной обработок; дальнейшее расширение номенклатуры оборудования для комплексной обработки на одном станке всё более сложных деталей и создание многофункциональных станков; широкое распространение модульного принципа построения технологической оснастки и станков [2]. Модульный принцип предусматривает [3] использование в технике унифицированных взаимозаменяемых модулей, из которых могут создаваться, например, различные компоновки металлорежущих станков, приспособлений, режущих инструментов. Этот принцип также используется в модульных технологиях [4], при модульном проектировании объектов и процессов, в мобильном производстве [5].

Особенностью применения модульного принципа в конструкциях режущих инструментов является использование в разных типах инструментов как одних и тех же, так и разных модулей. Например, фирма «Комет» (Германия) в одних и тех же инструментах использует различные модули резцовые, а количество типоразмеров применяемых пластин режущих может достигать двух и более наименований. Этим преследуется, с одной стороны, расширение области применения модульных режущих инструментов и получение фирмой – изготовителем дополнительной прибыли, но, с другой стороны, это приводит к удорожанию использования различных типов инструментов, оснащенных модулями резцовыми, фирмами-потребителями.

Поэтому была поставлена задача создания системы блочно-модульных режущих инструментов различного применения, в которых использовались бы одни и те же взаимозаменяемые блоки (вставки, модули, картриджи, кассеты) резцовые.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ.

Многофункциональность технологической оснастки, в частности режущего инструмента, может быть обеспечена путем:

1) комбинирования разных типов инструментов в одном («два в одном», «три в одном» и т. п.) и использование его в одном виде обработки (токарной, осевой, фрезерной и т. п.). Например, при обработке ступенчатых соосно расположенных отверстий (ступенчатое сверло), совмещении черновой и чистовой обработки одной поверхности (сверло-развертка). При этом сокращается число рабочих позиций станка и повышается точность обработки;

2) комбинирования разных типов инструментов в одном, и использовании его в разных видах обработки, например, при сверлении отверстий и фрезеровании резьбы. Это позволяет экономить не

только время обработки (до 60%), но и количество позиций в инструментальном магазине обрабатываемых центров и сокращает время на замену инструмента.

3) комплексной обработки поверхностей деталей на одном рабочем месте с использованием разных типов инструментов со взаимозаменяемым (унифицированным) блоком резцовым. Например, многофункциональный инструмент CoroPlex SL, включающий державку, адаптер и пластины режущие различной конфигурации, позволяет вести обтачивание, контурную обработку, обработку канавок и нарезание резьбы. Эти инструменты также сокращает количество мест в инструментальном магазине.

Рассмотрим более подробно возможности последнего из вышеперечисленных вариантов обеспечения многофункциональности режущего инструмента.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ОБЪЕКТАМ И ПРОЦЕССАМ ПРОИЗВОДСТВА.

Реализации варианта комплексной обработки предшествует анализ конструкции изделия и технологии его изготовления, на основе которого определяется унифицированный ряд обрабатываемых конструктивных элементов и поверхностей, свойственных конкретному производству. Создаются модели детали с конструктивными элементами и их формообразования режущими инструментами на станках. Например, формализованное описание модели детали представляется в следующем виде:

$$D_i = \{K(K\mathcal{E}_i^n), KP(K\mathcal{E}_i^n), СКП(K\mathcal{E}_i^n), C(K\mathcal{E}_i^n) | i^n = 1..., I^n; n = 1..., N\}$$

где D_i - рассматриваемая i -ая деталь;

$K(K\mathcal{E}_i^n)$ - код конструктивного элемента;

$KП(K\mathcal{E}_i^n)$ - комплект параметров $K\mathcal{E}_i^n$;

$СПК(K\mathcal{E}_i^n)$ - структура комплектов параметров $K\mathcal{E}_i^n$;

$C(K\mathcal{E}_i^n)$ - структура связи $K\mathcal{E}_i^n$;

$K\mathcal{E}_i^n$ - i -ый конструктивный элемент, принадлежащий уровню n ;

N – количество уровней.

Модель режущего инструмента описывается следующим множеством:

$$PI = \{K(PI_i^n), KP(PI_i^n), СКП(PI_i^n), C(PI_i^n) | i^n = 1..., I^n; n = 1..., N\}$$

где $K(PI_i^n)$ - код режущего инструмента;

$KП(PI_i^n)$ - комплект параметров режущего инструмента;

$СКП(PI_i^n)$ - структура комплектов параметров режущего инструмента;

$C(PI_i^n)$ - структура связи параметров режущего инструмента.

Отбор наилучших вариантов по критериям применимости и организационной устойчивости осуществляется путем постепенного накопления базы данных по элементам технологической системы, статистической их обработки и унификации.

Алгоритм формирования базы данных унифицированных конструктивных элементов, обработки резанием, режущих инструментов и металлорежущих станков включает создание подмножеств комплектов параметров и их структуры, выбор наиболее часто встречающихся по количеству и продолжительности использования параметров и комплектов параметров.

КОМПЛЕКСНЫЙ ВИД ОБРАБОТКИ: КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ.

Многофункциональность обработки обеспечивается за счет изменения кинематики резания и применения соответствующего для каждой кинематической схемы типа режущего инструмента. Обобщение различных видов резания с прямолинейным и вращательным главным движением позволяет обработку с прямолинейным главным движением представить как частный случай обработки с вращательным главным движением при бесконечном радиусе траектории рассматриваемой точки режущей кромки в этом движении.

Учитывая многообразие видов обработки резанием и соответствующих им режущих инструментов, представить комплексный вид обработки резанием довольно сложно. Максимально учесть многообразие признаков обработки резанием позволяет вид, реализующий сложный нестационарный процесс резания по многоэлементной кинематической схеме, например, точефрезерование или фрезеточение, которые могут служить в качестве модели (объекта исследований) разновидностей процесса резания и режущих инструментов. Такой вид обработки назван комплексной обработкой резанием. Главной отличительной особенностью комплексного вида обработки резанием является наличие наряду с традиционными движениями инструмента и детали – главным, например, D_1 и движением подачи, например, D_3 , также касательного D_2 и дополнительного D_4 движений лезвий (рис. 1).

Комплексность рассматриваемого вида обработки обеспечивается за счет того, что предлагаемая схема позволяет осуществлять физическое и математическое модели

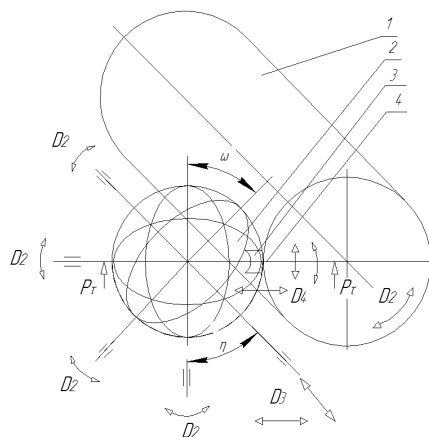


Рис. 1 – Схема комплексной обработки резанием

Rys. 1. Schemat kompleksowej obróbki metodą skrawania.

рование других разновидностей обработки резанием. Например, строгания, обтачивания, фасонного точения, ротационного точения, фрезерования, точефрезерования, фрезеточения, шлице- и зубонарезания, кругового протягивания и т.п. путем изменения направления и величины скоростей,

составляющих движение резания, осуществляемых деталью 1, инструментом 2 и лезвием 3 (кинематические признаки); расположения, формы и геометрии лезвий 3 и режущей кромки 4 инструмента 2 (конструктивные признаки) и установки детали 1 и инструмента 2 друг относительно друга на углы ω и η (установочные признаки). При соответствующем конструктивно-геометрическом оформлении и выборе кинематических и установочных параметров пары 1 и 2 предлагаемая схема может быть использована при моделировании различных видов трения (качения, скольжения, качения с проскальзыванием), сопряжения (плоское и криволинейное), взаимодействия (упругое и пластическое деформирование, царапание, резание), изнашивания (абразивное, адгезионное, диффузионное, усталостное, окислительное), т. е. может служить комплексной моделью контактного взаимодействия тел в экстремальных условиях.

МОДУЛЬНЫЙ РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ: КОНСТРУКТИВНЫЕ И УСТАНОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ.

В основу конструкции многофункционального модульного режущего инструмента положен оригинальный резцовый блок. Основные отличия предложенного блока резцового состоят в выполнении пазов для размещения пластины режущей и прихвата – открытыми, и базирующих поверхностей блока - цилиндрическими, что повышает технологичность конструкции. Возможны конструктивные варианты блока резцового в зависимости от используемых пластин режущих, но без изменения основных отличительных признаков конструкции. Это позволяет использовать блоки резцовые в различных типах режущих инструментов, что повышает многофункциональность последних.

Многофункциональный инструмент может быть снабжен регулировочным модулем, позволяющим еще более расширить технологические возможности режущего инструмента. Например, снабжение торцевой фрезы регулировочным модулем позволяет, во первых, обеспечить поворот на угол в плане пластины режущей с одновременным изменением диаметра расположения вершин пластин режущих и торцевого их положения, во-вторых, в широких пределах регулировать вылет блоков резцовых относительно друг друга, в третьих, регулировать угол наклона режущей кромки путем поворота блока резцового вокруг своей оси. При этом могут быть реализованы прогрессивные схемы резания поверхностей деталей. Формирование блочно-модульного режущего инструмента различного назначения с использованием унифицированных резцовых блоков, зажимных и корпусных модулей представлен на рис. 2.



Рис. 2 – Схема формирования блочно-модульного режущего инструмента

Rys. 2. Schemat konstruowania blokowo – modułowych narzędzi skrawających

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИСПЫТАНИЙ.

С целью оценки работоспособности многофункциональной технологической оснастки были проведены исследования точностных и прочностных характеристик, а также лабораторные и производственные испытания некоторых конструкций оснастки.

При оценке точностных параметров многофункциональных торцовых фрез учитывался класс используемых пластин режущих. Результаты измерений торцового и радиального биения фрез свидетельствует о том, что они имеют величины существенно влияющие на шероховатость обработанной поверхности и толщину срезаемого слоя.

Поэтому необходима регулировка торцового и радиального биений зубьев фрез. Исследования показывают, что при повороте блока резцового вокруг своей оси на угол до 12° радиальное биение можно регулировать в пределах до 0,1 мм. То есть данная регулировка обеспечивает компенсацию возможного радиального биения зубьев, а также необходимое изменение толщины среза, приходящийся на каждый зуб фрезы.

Для оценки прочностных характеристик блока резцового были проведены расчеты деформации его деталей при статистическом и динамическом нагружении. Расчет проводился по методу конечных элементов в программной среде «Ansys».

Для проверки работоспособности конструкций блочно-модульных фрез были проведены их лабораторные и производственные испытания. Блок резцовый и стандартный проходной резец с клиновым зажимом режущей пластины в статических условиях нагружались последовательно силой, имитирующей главную составляющую силы резания. При этом смещение пластины режущей фиксировалось индикатором часового типа. Как показали результаты испытаний, величина и интенсивность смещения пластины режущей у блока резцового меньше, чем у стандартного резца. Это объясняется более точным исполнением сопрягаемых элементов и более жесткой конструкцией зажима пластины режущей у блока резцового, чем у стандартного резца.

При испытаниях блочно-модульных торцовых фрез в процессе резания согласно ГОСТ 24360 использовались заготовки из стали 45 ГОСТ 1050 длиной 500 мм, которые обрабатывались при следующих режимах резания: $t=1\div 4$ мм, $S_z=0,13$ мм/зуб, $V=185$ м/мин. После испытаний при визуальном осмотре фрезы на режущих кромках не было замечено выкрашиваний и сколов, и они оставались пригодными для дальнейшей работы, а шероховатость обработанной поверхности не превышала $Ra\ 3,2$ мкм.

ВЫВОДЫ.

Предложенный подход к реализации комплексной обработки поверхностей деталей на основе многофункциональной технологической оснастки обеспечивает: расширение технологических возможностей применения различных видов обработки резанием на одном рабочем месте (реализация принципа: «два, три – в одном»); уменьшение времени обработки до 60% за счет совмещения переходов; сокращение позиций в инструментальном магазине многоцелевых станков минимум до 3-х; повышение надежности за счет применения различных механизмов зажима; обеспечение взаимозаменяемости и ремонтпригодности за счет использования унифицированных блоков и модулей; обеспечение технологичности изготовления, сборки и настройки; повышение точности за счет возможности угловой и линейной регулировки положений блоков и модулей; повышение экономичности при эксплуатации до 25%.

Результаты исследований и испытаний конструкций блочно-модульных режущих инструментов показывают, что они работоспособны и обеспечивают получение заданных типов поверхностей и конструктивных элементов деталей. Регулирование точностных параметров фрез позволяет получать поверхности с требуемой шероховатостью независимо от класса допуска пластины режущей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бажанов В. М. Васильев С. В. Влияние экономического спада на техническую политику в станкостроении / По итогам 75-й международной выставки I MTS – 2002 (г. Чикаго), 4-11 сентября 2004 // НТО – 2002-№7(32) – с. 9-11.
2. Черепанов Б.И. Тенденции развития мирового станкостроения в начале XXI века. СТИН, №9, №10, с. 3-7.
3. Васильев А.Л. Модульный принцип формирования техники. – М.: издательство стандартов, 1989 – 240с.
4. Базров Б.М. Организация проектирования модульных технологических процессов изготовления деталей // Вестник машиностроения. – 1995. №5. с. 23 – 28.
5. Попок Н.Н. Мобильная реорганизация машиностроительного производства. – Минск, УП «Технопринт», 2001. – 396с.

MULTIPURPOSE BLOCK – MODULE TOOL FOR CUTTING

Abstract. Basic trends of ensuring multipurpose equipment are examined, the models of the data base formation are presented, complex treatment and multipurpose tool are described, the results of testing the tool are given.

Aleksandr KASTRIUK

Połocki Uniwersytet Techniczny,
Nowopołock, Białoruś

PROJEKTOWANIE ORGANÓW ROBOCZYCH ZIEMNYCH MASZYN ROLNICZYCH

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

ВВЕДЕНИЕ.

Теоретические и экспериментальные исследования резания грунтов, как и резание других материалов, показывают, что угол резания является одним из важнейших параметров, влияющих на усилие [1,2]. В настоящее время в области резания грунтов выполнено значительное количество исследований, связанных с изучением $P(\alpha)$ для различных условий резания [3,4]. Однако результаты работ, которые важны сами по себе приводятся часто не в «чистом» виде, так как кроме резания входят другие факторы, искажающие действительный характер зависимости $P(\alpha)$

В задачу наших исследований входило установление зависимости усилия от угла резания горизонтального ножа отвала α и оптимизация его значения.

РАССЧЁТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ.

Из рассмотрения взаимодействия ножа с почвой (рис.1,а) следует, что при малых углах α передняя его поверхность действует на пласт результирующей силой R , проекция которой на нормаль к скорости резания направлена вверх. Действие передней поверхности не ограничено объемом пласта: она действует также на почву и под поверхностью резания. На участке под поверхностью ab создается зона напряжения сжатия, а под поверхностью ac напряжения растяжения. Если результирующая сила R направлена параллельно или ее проекция направлена вниз (когда угол сдвига $\theta \leq 90 - (\alpha + \varphi)$, где φ – угол трения), в сечении ab возникают напряжения сжатия, возрастает объем этой зоны (рис.1,б). В этом случае на поверхности сдвига возникают нормальные напряжения, которые вызывают увеличение сопротивления резанию. При увеличении угла резания возрастают напряжения сжатия и силы сцепления, изменяется коэффициент трения.

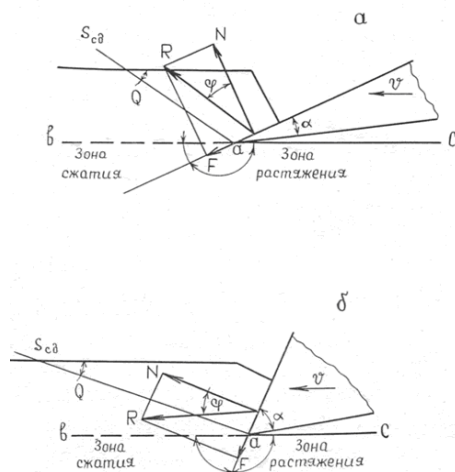


Рис.1 . Напряженно-деформированное состояние почвы в зависимости от угла резания горизонтального ножа: а) $\alpha < 25^\circ$; б) $\alpha > 70^\circ$

Rys.1. Stan naprężeniowy – odkształceniowy gleby w zależności od kąta skrawania noża poziomowego: a)) $\alpha < 25^\circ$; b) $\alpha > 70^\circ$.

Результаты опытов по изучению влияния угла резания на усилие резания для стружек различной толщины показывают (рис.2), что чем стружка тоньше, тем влияние угла α на удельное усилие резания меньше [5,6]. Так, при резании суглинистой почвы на глубину 15 см удельное усилие резания при увеличении угла резания от 30 до 70° возросло на 87,4 %, в то время как при резании на глубине 2...6 см только на 7–8 %.

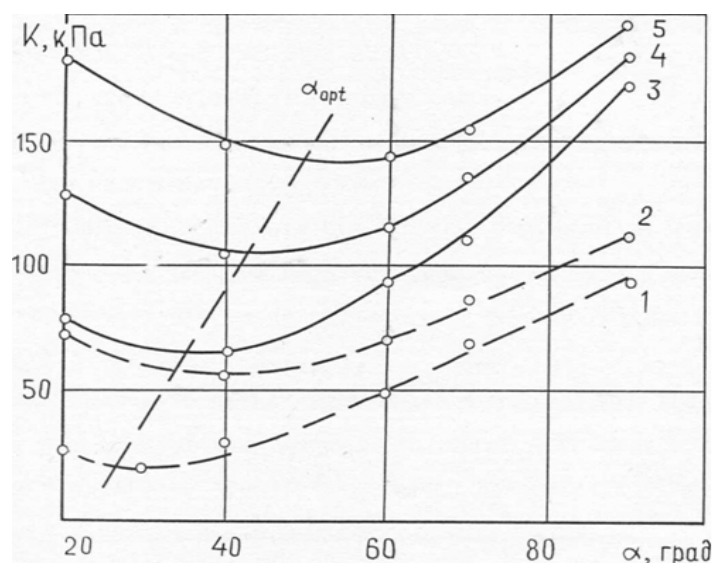


Рис.2. Зависимость удельного сопротивления от угла резания для минеральной почвы и торфяной при глубине 1 – h = 20 см; 2 – h = 7 см; 3 – h = 15 см; 4 – h = 6 см; 5 – h = 2 см.

Rys. 2. Zależność oporu jednostkowego od kąta skrawania dla gleby mineralnej i torfowej przy głębokości 1 – h = 20 cm; 2 – h = 7 cm; 3 – h = 15 cm; 4 – h = 6 cm; 5 – h = 2 cm.

Аналогичная закономерность $P(\alpha)$ наблюдается при резании торфяной почвы (рис.2, кривые 1,2). Если при увеличении угла резания в тех же пределах при $h = 20$ см удельное усилие резания торфяной почвы возросло на 122,3 %, то при $h = 7$ см только на 46,5 %. Во всех случаях наиболее интенсивен рост приращения усилия имеет место при углах резания свыше 60...65°. Такой характер изменения усилия в зависимости от угла резания при разной толщине среза вызван неодинаковым влиянием α на отдельные составляющие сопротивления и изменением соотношения их величин. Если составляющая сопротивления передней поверхностью ножа возрастает с увеличением угла резания, то составляющая сопротивления, вызванная горизонтальным подрезанием, уменьшается. Этим можно объяснить почему при резании на малой глубине, где основная составляющая усилия связана с горизонтальным подрезанием влияние угла на усилие значительно меньше чем при срезе толстых стружек.

Учет влияния угла резания на каждую составляющую сопротивления в отдельности позволяет также объяснить закономерности изменения оптимального угла резания от толщины среза. С уменьшением глубины резания оптимальный угол возрастает как на минеральных, так и на торфяных почвах. Так, при резании суглинка на глубину $h = 20$ см, $\alpha_{an} = 30...33^\circ$ при $h = 2...6$ см, что характерно для работы ножей отвалов выравнивателя $\alpha_{an} = 40...55^\circ$ соответственно на торфяной почве $23...26^\circ$ и $35...45^\circ$ (рис.2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом для такого типа ножей имеется широкая зона изменения угла резания без существенного роста тягового сопротивления что важно при регулировании угла наклона затылочной площадки для обеспечения необходимой плотности почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Домбровский Н.Г., Панкратов С.А. Землеройные машины.– М.:Госстройиздат, 1961.– с.
2. Зеленин А.Н. и др. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. – с.
3. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971. – 360с.
4. Турецкий Р.Л. Зубья ковшей и их влияние на усилие резания грунта: Сб. научных трудов/ ЦНИИМЭСХ.–Мн., 1976.–Вып.14.–С.27–39.
5. Турецкий Р.Л. Механизм процесса резания грунта и структурные формулы усилия резания: Сб. научных трудов/ ЦНИИМЭСХ.–Мн., 1976.–Вып.13.–С.190–206.
6. Кастрюк А.П. Интенсификация процесса выравнивания и предпосевной обработки почвы рабочим органом активно–пассивного действия: Автореф. дисс. канд.техн.наук. – Минск, 1992. – 17 с.

DESIGNING OF WORKING BODIES OF SOIL-CULTIVATING MACHINES

For the offered type of knives the zone of change of a corner of cutting without essential growth of traction resistance that is considered important at regulation of a corner of an inclination of an occipital platform for maintenance of necessary density of ground.

Włodimir A. TIMIRIAZEW
Aleksiej A. SEREBRIAKOW
Uniwersytet Technologiczny STANKIN
Moskwa, Rosja

**WYKORZYSTANIE MODUŁÓW KONSTRUKCYJNO – TECHNOLOGICZNYCH
PROTOTYPÓW DO PROJEKTOWANIA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
W SYSTEMIE DIALOGOWYM**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЕЙ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОТОТИПОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В ДИАЛОГЕ С ЭВМ**

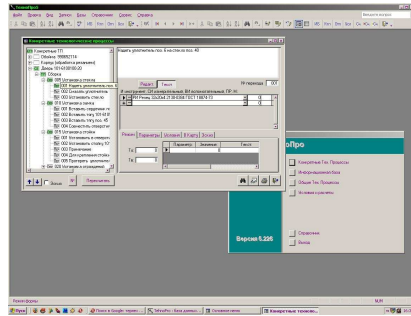
Ускорение научно - технического прогресса и техническое перевооружение машиностроительного комплекса приводят к резкому увеличению объемов информации во всех звеньях управления и подготовки производства. Технологическая подготовка производства на машиностроительных заводах является одним из самых длительных и трудоемких этапов при освоении выпуска новых машин и приборов. В настоящее время сокращение сроков, стоимости и в то же время повышение качества проектирования технологических процессов (ТП) достигается не за счет увеличения численности технологов и нормировщиков, а путем выбора программного продукта способного автоматизировать процесс создания технологической документации.

В настоящее время у нас в стране и за рубежом имеется ряд систем автоматизированного проектирования технологических процессов. Практически каждое крупное предприятие и технические вузы имеют свои разработки, которые в той или иной степени направлены на решение задач автоматизации технологического проектирования. Как правило, такие разработки хорошо используются на предприятиях, для которых они были созданы, а попытка перенести их на другие предприятия требует зачастую дополнительных затрат на адаптацию. Отсюда возникает потребность создания САПР ТП, обладающих достаточной гибкостью.

Не менее важной проблемой является сетевая версия программы, т.к. одним из наиболее важных направлений в развитии САПР ТП, является возможность этой программы работать в комплексе с PDM системой, т.е. совместной работы с системой электронного документооборота и централизованного хранения информации.

У большинства известных САПР ТП автоматизированное проектирование технологий осуществляется в диалоговом режиме. При этом проектирование может выполняться на основе типовых технологических процессов, по конструктивным элементам изготавливаемой детали или по классификатору деталей.

В процессе диалогового проектирования пользователь вводит необходимые данные для формирования нового технологического процесса. Он может использовать также созданные ранее технологии в качестве прототипов и копировать из них необходимые части. На рис. 1 в качестве примера показано диалоговое окно САПР ТП, показывающая возможность использования при проектировании ранее разработанных технологических процессов и применяемого оборудования.



Для проектирования с использованием типовых технологических процессов в рамках предприятия создаются базы данных по технологиям изготовления типовых деталей данного производства. формируются группы деталей общего служебного назначения, имеющие схожие геометрические формы, например, детали-валы, зубчатые колеса, корпусные детали и др. для каждого класса деталей создают общие технологические процессы (отп).

В результате создаются базы данных, которые включают используемые на предприятии прототипы типовых деталей, с их гибким геометрическим описанием (на основе ввода переменных), состав операций и переходов, парк применяемого оборудования, нормы времени и другую информацию.

Работа пользователя при необходимости получения нового технологического процесса на конкретную деталь включает следующее:

- определение группы, к которой можно отнести новую деталь;
- выбор общего технологического процесса (ОТП);
- описание особенностей геометрии и технических требований на изготовление данной детали средствами САПР ТП;
- формирование конкретного технологического процесса (КТП);
- формирование технологической документации в виде операционных, маршрутных и других карт.

Проектирование по конструктивным элементам основывается на создании базы типовых конструктивных элементов, как например плоскостей, отверстий, пазов, и соответствующих типовых технологических решений по их обработке. В результате геометрия детали описывается набором конструктивных элементов, по которым происходит формирование состава необходимых технологических переходов и компоновка технологических операций с использованием имеющегося на предприятии станочного оборудования.

Создание эффективных систем автоматизированного проектирования технологических процессов предусматривает наличие баз знаний по определению режимов обработки и установлению норм времени на выполнение отдельных операций и технологических процессов по изготовлению конкретных деталей. Разработка таких баз знаний предусматривает создание обобщенных алгоритмов для расчета режимов обработки [1], основанных на использовании общемашиностроительных нормативов режимов резания, и нормативов времени для нормирования механообработки на различных станках.

Автоматизированное проектирование технологических процессов обеспечивает возможность получения не одного, а ряда технологических решений по изготовлению на производстве конкретной детали. В соответствии с этим возникает необходимость технико-экономического анализа и оптимизации вариантов технологических решений. Эта задача также должна решаться в рамках САПР ТП на основе постановки и решения оптимизационных задач выбора наиболее эффективного варианта технологического процесса. Использование процедуры синтеза

технологических решений, наличие математических моделей изготавливаемых изделий и вариантов технологических решений позволяет выявить необходимые структурные и управляющие параметры, которые обеспечивают выявление наиболее эффективного технологического процесса по параметрам производительности, себестоимости и организации производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения. Под. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.:Высшая школа, 1999. – 415 с.

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zagadnienia automatycznego projektowania procesów technologicznych ze wspomaganie komputerowym z wykorzystaniem podejścia modułowego do typizacji części maszyn i technologii.

Michał DUPLAGA
Dorota STADNICKA
Politechnika Rzeszowska
Rzeszów, Polska

WDRAŻANIE TPM W PRAKTYCE DUŻEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

TPM IMPLEMENTATION IN A LARGE ENTERPRISE

WSTĘP

Jakość produkcji i niezawodność systemów produkcyjnych zależą od wielu czynników, w tym, między innymi, od stanu parku maszyn technologicznych (PMT). Wiele przedsiębiorstw do nadzoru nad maszynami i urządzeniami podchodzi w ten sposób, że jeżeli maszyna działa to lepiej jej nie ruszać. Ponieważ przeglądy, czy remonty wyłączają ją na określony czas z systemu produkcyjnego, zabierają czas pracownikom i wiążą się z określonymi kosztami. A w niektórych przypadkach bardziej opłacalny jest zakup nowej maszyny niż remont starej. W wielu więc przypadkach, jakiegokolwiek prace związane z maszynami podejmowane są dopiero wtedy, gdy zostanie zidentyfikowana niewłaściwa ich praca, bądź ulegną one awarii. Niekiedy prowadzone są tylko podstawowe działania, takie jak uzupełnienie oleju itp.

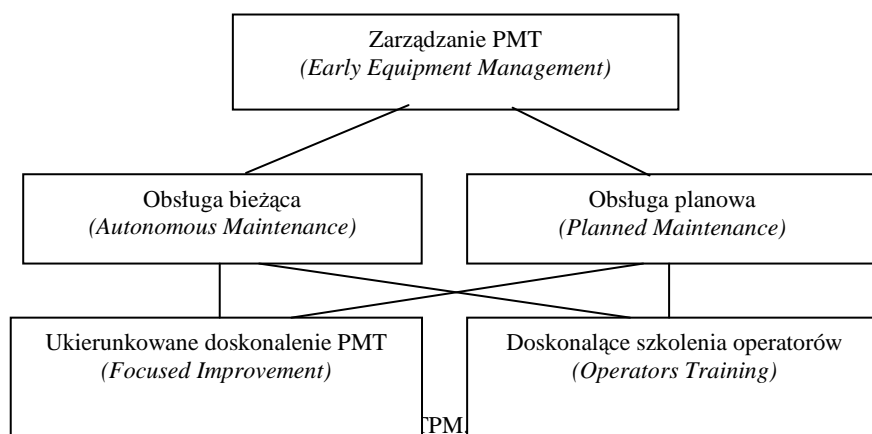
W odniesieniu do pracy maszyn rejestrowane jest zwykle ich obciążenie i zapisywane są informacje o awariach. Można znaleźć również informacje o czasie przestojów związanych z wystąpieniem awarii. Zbierane informacje wykorzystywane są zwykle na bieżąco. Informacja o awarii skutkuje decyzją o działaniach dotyczących naprawy maszyny, czasem również dodatkowej kontroli wyrobów na niej wyprodukowanych, zakupach części zamiennych. Rzadko jednak informacje te są analizowane w większym przedziale czasu dla ustalenia np. kosztów przestojów związanych z awariami, czy dla planowania nadzoru.

Przedsiębiorstwa czasem nawet posiadają plany okresowych przeglądów i remontów maszyn i urządzeń, jednakże albo nie są one konsekwentnie realizowane, albo są tworzone na zasadzie planu kroczącego, niestety niezbyt trafnie dobranej formy planowania w tym przypadku.

Wdrażanie TPM jest poważnym przedsięwzięciem, a jego podstawą jest zmiana myślenia zarówno kierownictwa jak i pracowników firmy i dostrzeżenie znaczenia skutecznego nadzoru nad parkiem maszyn technologicznych oraz jego wpływu na całkowite koszty organizacji. Jak wdrożyć TPM, żeby zapewnić korzyści organizacji? [1, 4, 8].

CEL I ETAPY WDRAŻANIA TPM

Total Productive Maintenance (TPM) oznacza dosłownie Całościowe Utrzymanie Ruchu, a jego głównym celem jest zaangażowanie nie tylko służb utrzymania ruchu, ale również operatorów maszyn i urządzeń w działania na rzecz doskonalenia funkcjonowania parku maszyn technologicznych, tak, aby dążyć do 3Z tj.: Zero usterek, Zero wad w produkcji, Zero wypadków przy pracy. System TPM składa się z pięciu podstawowych modułów, które przedstawiono na rys. 1.



Moduł 1 – Zarządzanie PMT dotyczy zbudowania systemu zapewniającego zakup maszyn i urządzeń łatwych w obsłudze i utrzymaniu lub zaprojektowania i produkcji takiego sprzętu we własnym zakresie.

Moduł 2 – Obsługa bieżąca związana jest z włączeniem operatorów w proces utrzymania ruchu.

Moduł 3 – Obsługa planowa to stworzenie systemu planowych przeglądów, remontów, działań konserwacyjnych i prewencyjnych.

Moduł 4 – Ukierunkowane doskonalenie PMT zakłada eliminację głównych strat związanych z funkcjonowaniem PMT dzięki pracy zespołów zadaniowych.

Moduł 5 – Doskonalące szkolenia operatorów wiąże się z doskonaleniem wiedzy i umiejętności operatorów maszyn i urządzeń oraz pracowników służb utrzymania ruchu w ramach szkoleń specjalistycznych.

Wdrażanie TPM realizuje się w następujących etapach:

1. *Decyzja kierownictwa* o wdrożeniu TPM i jej upowszechnienie – przedsięwzięcie musi mieć mocne wsparcie w kierownictwie inaczej nie przyniesie zamierzonych skutków.
2. *Szkolenia i akcja informacyjna* dotyczące wdrażania TPM – muszą być przeprowadzone, aby pracownicy zrozumieli celowość wdrożenia TPM; pracownicy muszą uświadomić sobie, że ich praca również wpływa na pracę maszyn i że nie tylko dział utrzymania ruchu odpowiada za sprawność maszyn i urządzeń.
Podczas szkoleń zwracana jest szczególna uwaga na straty, jakie może powodować niewłaściwa praca maszyn i urządzeń. Do tych strat możemy zaliczyć następujące:
 - *awaria* – wymagająca naprawy utrata funkcji maszyny,
 - *przebrojenie i regulacja* – strata czasu związana ze zmianą warunków produkcji,
 - *mikroprzestoje i bieg jałowy* – związane z krótkotrwałym zatrzymaniem pracy dezorganizującym produkcję i spowodowane innymi przyczynami niż awarie,
 - *zmniejszenie prędkości maszyny* – powodujące pracę z prędkością mniejszą od optymalnej,
 - *wady wyrobów i naprawy błędów* – straty związane z produkcją wyrobów niespełniających wymagań dotyczących jakości,
 - *rozruch produkcji* – straty czasu i materiałowe związane z rozpoczynaniem produkcji.
3. *Opracowanie polityki i celów wdrażania* – cele powinny być określone nie tylko dla wydziałów, ale także dla poszczególnych stanowisk pracy, aby każdy pracownik wiedział, jaka jest jego rola w całym systemie i w jaki sposób on może przyczynić się do poprawy funkcjonowania PMT.

4. *Analiza sytuacji istniejącej* – jej głównym celem jest ocena stanu aktualnego parku maszyn technologicznych na podstawie informacji o pracy maszyn i ich awaryjności; elementem analizy może być dokonanie kategoryzacji maszyn, aby móc ustalić skuteczniejszy nadzór.
5. *Zaplanowanie prac wdrożeniowych* – ustalenie kolejności działań koniecznych do podjęcia z uwzględnieniem wdrożenia zasad 5S, które powinny zostać wdrożone w pierwszej kolejności.
6. *Organizacja prac wdrożeniowych* – należy zbudować zespoły wdrożeniowe i określić dla nich zadania związane z wdrażaniem i utrzymywaniem TPM.
7. *Pilotażowe wdrożenie* – można je zrealizować na wybranej linii produkcyjnej, której pracownicy wykazują największą motywację do wdrożenia; sukces wdrożenia powinien zachęcić pracowników innych linii do zaangażowania.
8. *Ocena zrealizowanych działań* – obliczanie wskaźnika OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), który zawiera w sobie informacje dotyczące dostępności maszyn, ich wykorzystania oraz jakości procesu produkcyjnego, pozwoli na ocenę stanu istniejącego PMT. Na rys. 2 przedstawiono przykładowy formularz do obliczenia OEE.

Tab. 1. Formularz do obliczania wskaźnika OEE. Źródło: opracowanie własne na podstawie Joanna Czerska „Total productive maintenance”, <http://www.zie.pg.gda.pl/~jcz/tpm.pdf>

Wskaźnik OEE dla linii produkcyjnej:		na wydziale:	
Dostępność	A. Zmianowy fundusz czasu pracy	A-B a+b+c	_____ min
	B. Planowany czas postoju maszyny		_____ min
	C. Czas pracy		_____ min
	D. Nieplanowany postój maszyny		_____ min
	a. awarie _____ min		
	b. wymiany _____ min		
	c. inne przyczyny _____ min		
	E. Czas eksploatacji netto	C-D	_____ min
	F. Współczynnik dostępności	E/C x 100	_____ %
Wykorzystanie	G. Liczba przetworzonych wyrobów	(H x G/E) x 100	_____ jedn.
	H. Projektowany czas jednostkowy obróbki wyrobu		_____ min/jedn.
	I. Współczynnik wykorzystania		_____ %
Jakość	J. Liczba braków	[(G-J)/G] x 100	_____ jedn.
	K. Współczynnik jakości		_____ %
OEE	L. Całkowita efektywność wyposażenia	FxIxKx100	_____ %
Opracował: data i podpis		Zatwierdził: data i podpis	

Efektywność obliczamy dla poszczególnych składników PMT, czyli dla poszczególnych maszyn. Wartość wskaźnika powinna być większa od 60% jako min. Za zadowalającą określamy wartość większą od 80%.

9. *Rozpowszechnienie programu* na całą organizację – pozwala na kopiowanie dobrych praktyk oraz wykorzystywanie wypracowanych rozwiązań do problemów, jeżeli pojawią się one ponownie. Każdy problem z pracą maszyny powinien być przeanalizowany w zespole, opisany i udokumentowany, wraz z przedstawieniem jego przyczyn i zastosowanego rozwiązania wypracowanego z wykorzystaniem różnych narzędzi typu diagram Ishikawy, czy wykres Pareto-Lorenza. Informacje takie pozwolą uniknąć zidentyfikowanych problemów bądź dadzą gotowe rozwiązanie, gdyby problem się pojawił ponownie. [5]

ANALIZA STANU AKTUALNEGO

Wdrożenie TPM, jak już wcześniej wspomniano, jest dość skomplikowanym zadaniem. W dobie kryzysu i ciągłego obcinania kosztów trudno jest przekonać kierownictwo firmy do inwestowania we wdrożenie 5S, które pojmowane jest jako „sprzątanie” oraz TPM, który to skrót przekornie rozwijany jest przez pracowników jako „Tylko Pomaluj Maszyny”. A przecież sedno przedsięwzięcia i jego cel są zupełnie inne.

Na podstawie doświadczeń zebranych z wdrażania standardowych systemów zarządzania można powiedzieć, że czasem więcej jest w firmie szumu dotyczącego wdrażania niż faktycznej efektywności z wdrożeń. Warto by się, więc zastanowić, czy wdrażanie nie przeprowadzić z mniejszym rozmachem, drobnymi krokami i w zakresie niezbędnym do poprawy funkcjonowania PMT z założeniem ciągłego doskonalenia.

Niewiele firm stać na to, aby wyłączyć na jakiś czas całą linię produkcyjną, odnowić park maszynowy, wprowadzić zasady TPM i ruszyć dalej. TPM wdraża się drobnymi krokami tam gdzie się da, tak jak się da. Niestety nie zawsze filozofia przekłada się na rzeczywistość.

Jednym z pierwszych kroków wdrażania systemu TPM jest ocena aktualnego stanu funkcjonowania nadzoru nad PMT, a w szczególności skutków tego nadzoru. W dalszej części niniejszej pracy została przedstawiona analiza PMT na jednym z wydziałów dużej firmy produkcyjnej.

Nadzorem nad PMT analizowanego wydziału zajmują się dwa niezależne wydziały: wydział mechaniczny i wydział energetyczny, których kierownicy bezpośrednio podlegają dyrektorowi ds. Utrzymania Ruchu.

Jednym z czynników wpływających na właściwe wykorzystywanie maszyn i urządzeń jest zapewnienie kompletności niezbędnej dokumentacji.

Według dyrektywy 98/37/WE dokumentacja maszyn powinna składać się z trzech zasadniczych części:

- dokumentacji technicznej, która powinna zawierać podstawowe parametry techniczne charakteryzujące daną maszynę, wraz z informacjami ułatwiającymi konserwację,
- instrukcji obsługi, w której powinno być określone przeznaczenie maszyny oraz powinny być zapisane informacje gwarantujące bezpieczną eksploatację zgodnie z wcześniejszym przeznaczeniem, następnie wymagania dotyczące montażu, bądź demontażu a także, opcjonalnie, zakres codziennych przeglądów, które powinien wykonać operator.
- instrukcja konserwacji, która powinna określać zakres czynności wchodzących w skład przeglądów okresowych oraz ich częstotliwość [2, 3].

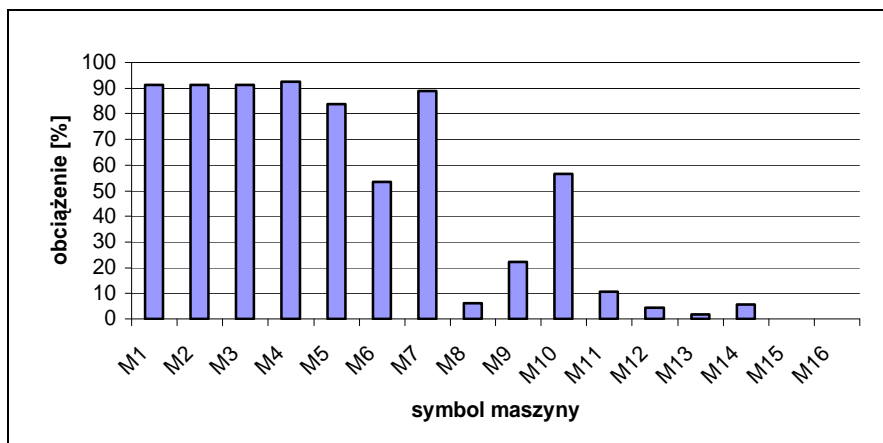
W analizowanym przedsiębiorstwie dokonano przeglądu dokumentacji maszyn dla wybranego wydziału. Wyniki przeglądu przedstawione są w tab. 2. wnioski są niepokojące. Brakuje połowy dokumentacji. Może to wynikać z faktu, że maszyny są stare. Nie zwalnia to jednak organizacji z utrzymywania kompletnej dokumentacji.

Tab. 2. Wyniki przeglądu instrukcji stanowiskowych w poszczególnych gniazdach obróbkowych. Źródło: opracowanie własne.

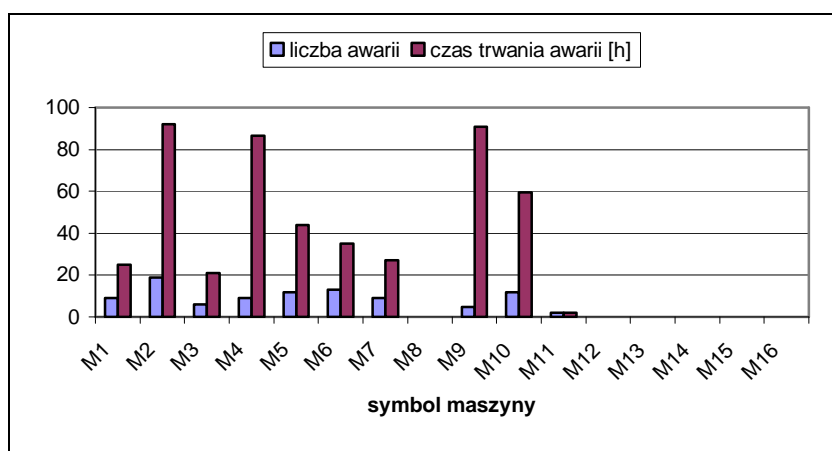
Lp	Instrukcje:	Symbol maszyny															
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
1.	obsługi maszyny	X	V	V	X	V	X	V	V	X	X	V	V	X	V	V	V
2.	BHP maszyny	X	V	V	X	V	V	V	X	V	V	V	V	X	V	V	V
3.	technologiczna maszyny	X	V	V	X	V	X	X	V	V	X	X	V	X	X	X	X
4.	obsługi urządzenia pomocniczego 1	V	X	X	X	X	--	V	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.	BHP urządzenia pomocniczego 1	V	V	V	V	V	--	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.	obsługi pomostu do obsługi maszyny	V	X	X	X	--	--	V	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.	BHP pomostu do obsługi maszyny	V	V	V	V	--	--	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.	obsługi żurawia lub suwnicy	V	V	V	V	X	X	--	X	V	--	X	--	X	--	--	--
9.	BHP żurawia lub suwnicy	V	X	X	X	X	V	--	X	V	--	X	--	X	--	--	--
10.	obsługi przenośnika taśmowego	V	V	V	V	V	X	V	X	X	X	X	X	X	V	X	X
11.	BHP przenośnika taśmowego	V	V	V	V	X	X	V	X	X	X	X	X	X	V	X	X
V – stanowisko zawiera instrukcje		X – na stanowisku nie ma instrukcji								-- – stanowisko nie wymaga instrukcji							

Przeprowadzono analizę pracy maszyn na wydziale za okres trzech miesięcy. Informacje o pracy maszyn oraz mających miejsce awariach zapisywane są w dwóch miejscach: w rejestrze pracy maszyny aż w rejestrze poszczególnych odczytów. Podczas przeglądu zapisów okazało się, że informacje w niektórych miejscach nie pokrywają się, przez co nie ma pewności, czy dane są prawdziwe. Nie mniej jednak przeprowadzono analizę pracy maszyn, a jej wyniki przedstawiono na rys. 2 i 3. Przeanalizowano obciążenie maszyn, liczbę awarii w analizowanym okresie i czas usuwania awarii.

Praca na wydziale odbywa się w systemie trzy-zmianowym. Część z maszyn pracuje w systemie ciągłym, jak np. maszyna M2, a wyłączenie jej z produkcji na czas usuwania awarii na okres ponad 90 godzin powoduje niespodziewane i niezaplanowane wstrzymanie produkcji na prawie 4 dni. To są sytuacje, do których nie można dopuścić.



Rys. 2. Obciążenie maszyn w przeciągu 3 miesięcy



Rys. 3. Liczba awarii i czas trwania awarii w przeciągu 3 miesięcy

KATEGORYZACJA MASZYN

Na podstawie przeprowadzonych analiz dokonano kategoryzacji maszyn. Przyjęte kryteria kategoryzacji przedstawiono w tabeli 3. Ustalono, że maszyny będą podzielone na cztery kategorie, dla których zostanie ustalony określony poziom nadzoru. Kategorie opisano w tab. 4. W tab. 5 natomiast przedstawiono wyniki procesu oceny z przydzielonymi maszynom kategoriami.

Tab. 3. Przyjęte kryteria kategoryzacji maszyn. Źródło: opracowanie własne

Kryterium kategoryzacji	Opis kryterium	Punktacja
Obciążenie (O)	praca ciągła 24 h/dobę	4
	praca na dwie zmiany 16 h/dobę	3
	praca na jedną zmianę 8 h/dobę	2
	praca sporadyczna	1
Awaryjność (A)	powyżej dziesięciu awarii w ciągu trzech miesięcy	4
	od 7 do 9 awarii w ciągu trzech miesięcy	3
	od 4 do 6 awarii w ciągu trzech miesięcy	2
	poniżej czterech awarii w ciągu trzech miesięcy	1
Zamienność maszyny (Z)	niezamienna	4
	zamienna sporadycznie	3
	częściowo zamienna	2
	zamienna	1
Stopień automatyzacji (S)	w pełni zautomatyzowana	4
	nieliczne czynności ręczne (np. zmiana noża)	3
	niski poziom automatyzacji	2
	brak automatyzacji	1
Stosunek awaryjności do obciążenia (AO) (czas usuwania awarii / obciążenie) x 100%	powyżej 4%	4
	od 3 do 4%	3
	od 2 do 3%	2
	poniżej 2%	1

Tab. 4. Kategorie maszyn. Źródło: opracowanie własne

Kategoria maszyny	Liczba punktów	Znaczenie kategorii
A	powyżej 15 punktów	Szczególnie ważne
B	od 10 do 15 punktów	Ważne
C	od 3 do 9 punktów	Stosunkowo ważne
D	poniżej 3 punktów	Nie używane

Tab. 5. Kategoryzacja maszyn. Źródło: opracowanie własne

Lp.	Symbol maszyn	Kryteria oceny						Kategoria maszyn
		O	A	Z	S	AO	Suma	
1.	M1	4	3	3	3	1	14	B
2.	M2	4	2	4	3	4	17	A
3.	M3	4	3	2	3	1	13	B
4.	M4	4	2	3	3	4	16	A
5.	M5	4	2	4	2	2	14	B
6.	M6	3	2	4	3	3	15	B
7.	M7	4	1	3	1	1	10	B
8.	M8	1	2	-	4	-	7	C
9.	M9	2	3	2	4	4	15	B
10.	M10	3	2	4	4	4	17	A
11.	M11	1	2	-	2	1	6	C
12.	M12	1	3	-	1	-	5	C
13.	M13	1	1	-	1	-	3	C
14.	M14	1	1	-	1	-	3	C
15.	M15	-	1	-	1	-	2	D
16.	M16	-	1	-	1	-	2	D

ROCZNY PLAN PRZEGLĄDÓW I REMONTÓW

Na podstawie wyników analiz i dokonanej kategoryzacji maszyn opracowano plan przeglądów i remontów maszyn i urządzeń, który przedstawiono w tabeli 6. Przygotowując plan posłużono się wytycznymi Oziebskiego [6] na temat przybliżonej liczby roboczogodzin w zależności od czynności remontowych w poszczególnych cyklach remontowych, średniej pracochłonności jednej jednostki remontowej, liczby jednostek remontowych przypadających na określony rodzaj obrabiarki.

Proponowany plan rocznych przeglądów i remontów opracowano według następujących zasad:

1. Remont wszystkich maszyn i urządzeń w danym gnieździe obróbkowym powinien być przeprowadzony w tym samym czasie tak, aby remont jednego urządzenia nie powodował dodatkowego przestoju całego gniazda obróbkowego.
2. Remonty powinny być wykonywane przez dwa niezależne zespoły remontowe, z czego jeden zespół wykonywałby remont tokarki, a drugi urządzeń z nią współpracujących, co umożliwi zmniejszenie czasu przestoju związanego z remontem.
3. Okresy pomiędzy kolejnymi przeglądami i remontami liczone są według stopnia obciążenia maszyny (tab. 5).
4. Kolejność maszyn umieszczanych w harmonogramie przeglądów i remontów zależna jest od: kategorii maszyny, awaryjności, obciążenia.
5. Przeglądy i remonty maszyn o podobnym obciążeniu rozkładane są na różne miesiące tak, aby ilość roboczogodzin w kolejnych miesiącach była w miarę możliwości podobna.
6. Każdy planowany remont powinien być poprzedzony przeglądem, aby określić zakres wykonywanych prac.

Tab.6. Roczny plan przeglądów i remontów. Źródło: opracowanie własne

Symbol maszyny	Średnie obciążenie	Miesiące											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
M1	664 h/mies.	□ 45h			◇ 126h			□ 45h			◇ 126h		
urząd. wsp.		25h			70h			25h			70h		
M2	664 h/mies.	□ 45h			○ 594h			□ 45h			◇ 126h		
urząd. wsp.		25h			330h			25h			70h		
M3	664 h/mies.			□ 45h			◇ 126h			□ 45h			◇ 126h
urząd. wsp.				25h			70h			25h			70h
M4	673 h/mies.		□ 45h			◇ 126h			□ 45h			○ 594h	
urząd. wsp.			25h			70h			25h			330h	
M5	609 h/mies.		□ 45h			◇ 126h			□ 45h			◇ 126h	
urząd. wsp.			25h			70h			25h			70h	
M6	390 h/mies.		□ 40h					◇ 112h					□ 40h
urząd. wsp.			25h					70h					25h
M7	648 h/mies.			◇ 126h			□ 45h			◇ 126h			□ 45h
urząd. wsp.				70h			25h			70h			25h
M8	44 h/mies.								□ 30h				
M9	161 h/mies.			□ 45h			◇ 126h			□ 45h			◇ 126h

Symbol maszyny	Średnie obciążenie	Miesiące											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
urząd. wsp.				25h			70h			25h			70h
M10	411 h/mies.	□ 40h					◇ 112h					□ 40h	
urząd. wsp.		25h					70h					25h	
M11	78 h/mies.		□ 30h										
urząd. wsp.			25h										
M12	31 h/mies.	□ 30h											
M13	14 h/mies.								□ 30h				
M14	41 h/mies.								□ 30h				
Razem roboczogodzin		235	260	336	1120	392	649	322	230	336	392	1185	527

WDRAŻANIE 5S

Wdrażanie 5S powinno być nieodłącznym działaniem przy wdrożeniu TPM, chociaż znane są próby wdrażania TPM bez wcześniejszego wdrożenia zasad 5S. Pytanie jednak, jak można skutecznie nadzorować wyposażenie produkcyjne bez zabezpieczenia go przed działaniem niekorzystnych warunków środowiska pracy.

Zasady 5S rozumiane są jako dbałość o porządek i skrzętne gospodarowanie. 5S wspomagane jest wizualizacją. Na etapy wdrażania składają się:

1. Szkolenia, na których należy przedstawić istotę przedsięwzięcia, jego cel, korzyści, które firma zamierza osiągnąć, a także podstawowe zasady.

2. Inicjowanie wdrożenia, które polega na zaplanowaniu procesu wdrażania, ustalenie zadań i odpowiedzialności dla poszczególnych grup biorących udział we wdrażaniu, zapewnieniu środków na wdrażanie zasad oraz promocji poprzez prezentację osiągnięć uzyskanych przez inne przedsiębiorstwa i zastosowanych rozwiązań.

3. Wdrażanie poszczególnych zasad:

1S – sortowanie – wdrażanie zasady polega na identyfikacji i pozbyciu się rzeczy zbędnych na stanowiskach pracy;

2S – systematyka – stosuje się poprzez zabezpieczenie miejsca na stanowiskach pracy na wszystkie rzeczy, które są potrzebne do prawidłowej jej realizacji tak, aby każda rzecz miała swoje najodpowiedniejsze miejsce;

3S – sprzątanie – odnowienie stanowisk pracy połączone z eliminacją źródeł zanieczyszczeń i ustalenie zasad utrzymania czystości na stanowiskach pracy przyjmując założenie, że operator jest właścicielem maszyny;

4S – standaryzacja – ustalanie zasad, procedur, wdrażanie wizualizacji, tak, aby praca była łatwiejsza;

5S – samodoskonalenie – utrzymywanie standardów, codzienna samokontrola, myślenie innowacyjne. [7]

PROPOZYCJE ORGANIZACJI NADZORU

Operatorzy mniej lub bardziej świadomie realizują codzienny nadzór nad maszynami poprzez obserwację poprawności działania maszyn i urządzeń. I w gruncie rzeczy jest to ich obowiązek obok

realizacji operacji produkcyjnych. W instrukcji obsługi można odnaleźć punkty, które opisują, co pracownik powinien zrobić zanim rozpocznie prace na danej maszynie. Aby żadna z czynności nie została pominięta proponuje się wprowadzenie listy pytań kontrolnych i umieszczenie jej w widocznym dla operatora miejscu. Listę pytań kontrolnych należy utworzyć w oparciu o instrukcje obsługi maszyn oraz rozszerzyć ją o wszystkie urządzenia współpracujące z daną maszyną, lecz powinna mieścić się na jednej stronie. Przykładowa lista pytań kontrolnych umieszczona jest w tab. 7.

Tab. 7. Lista kontrolna operatora. Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji techniczno-ruchowej, tokarko-wytaczarki Thuringia Netzsch typ 732.32

Lista pytań kontrolnych dla operatora tokarki-wytaczarki	
1. Czynności przed uruchomieniem maszyny:	<ul style="list-style-type: none"> - sprawdzić stan oleju, - sprawdzić wszystkie osłony i zabezpieczenia czy są sprawne, - sprawdzić czy narzędzia nie są uszkodzone i właściwie zamocowane, - sprawdzić stan linki i uchwytu do podnoszenia prowadnicy wytaczadła, - uruchomić tokarkę bez obrabianych przedmiotów i sprawdzić poprawność działania poszczególnych elementów, szczególnie wyłączników awaryjnych, a następnie czynność tą zastosować do wszystkich urządzeń współpracujących.
2. Czynności podczas pracy mające wpływ na codzienny nadzór	<ul style="list-style-type: none"> - używać tylko sprawnych narzędzi i pomocy warsztatowych, - stosować parametry obróbki zgodne z instrukcją technologiczną, - nie dopuszczać do gromadzenia się wiór na suportcie i w rejonie zsypu, - nigdy nie pozostawiać pracującej tokarki bez nadzoru, - stale obserwować proces toczenia, a wszystkie nieprawidłowości natychmiast zgłaszać przełożonemu.
3. Czynności po zakończeniu pracy	<ul style="list-style-type: none"> - wszystkie elementy obrabiarki ustawić w pozycji wyjściowej, - wyłączyć zasilanie elektryczne obrabiarki i urządzeń współpracujących, - usunąć wszystkie odpady w okolicy obrabiarki i taśmociągu, obrabiarkę oczyścić, a w szczególności prowadnice suportów oraz uporządkować stanowisko pracy.

Do nadzoru nad maszynami nie wystarczą same obserwacje operatora, lecz muszą występować bieżące przeglądy wykonywane przez służby utrzymania ruchu. Przeglądy bieżące powinny być wykonywane w trakcie pracy maszyny tak, aby nie powodować przestojów. Częstość przeglądów bieżących należy ustalić na podstawie dokumentacji techniczno-ruchowej, a zakres wykonywanych czynności powinien sprowadzać się do obserwacji, czyszczenia i smarowania. Zakres wykonywanych czynności powinien być wyszczególniony w punktach, aby zminimalizować ryzyko pominięcia poszczególnych czynności. Chcąc nie dopuścić do przypadkowego pominięcia któregoś z przeglądów bieżących, proponuje wprowadzić kartę kontrolną przeglądów bieżących (tab. 8).

W karcie kontrolnej (tab. 8) w punktach zostały wyszczególnione czynności, jakie należy wykonać w trakcie przeglądu bieżącego. Każdą czynność należy odznaczyć, że została wykonana, oraz wpisać datę przeprowadzonego przeglądu i podpis wykonawcy. Jedna karta kontrolna może być stosowana do wielu maszyn, podobnych pod względem konstrukcji. Mimo to może się zdarzyć, że któraś z czynności przewidzianych w karcie przeglądów bieżących, przy danej maszynie nie występuje. W takiej sytuacji należy ją od razu wykreślić, aby nie powodować niejasności. Dodatkowo kartę przeglądów bieżących proponuje rozszerzyć o wszystkie urządzenia współpracujące z daną maszyną. Do wykonania niektórych czynności niezbędne jest zatrzymanie maszyny. Można je jednak wykonać w czasie, gdy z maszyny zdejmowany jest półwyrob po dokonanej obróbce oraz zakładany jest kolejny. Czas takiej przerwy w pracy tokarki zazwyczaj mieści się w granicach 10 – 20 minut, co jest w zupełności wystarczające na wykonanie kilku czynności. Przeglądy bieżące należy przeprowadzać cotygodniowo dla grupy maszyn z kategorii A i B (tab. 5). Dla pozostałych maszyn można je przeprowadzać w odstępach miesięcznych lub nawet kilkumiesięcznych.

Na zmniejszenie awaryjności maszyn można też wpłynąć poprzez zbudowanie świadomości pracowników, co w konsekwencji może przyczynić się do szybkiego identyfikowania ewentualnej niesprawności maszyny zanim dojdzie do poważnej awarii. W tym celu niezbędna jest dokumentacja maszyn, która jest wymagana przy każdej maszynie, a której bardzo często brakuje oraz system szybkiego reagowania na zauważoną niewłaściwą pracę maszyny.

Wprowadzenie proponowanych zmian nie zwiększy produkcji, a jedynie ją usprawni, ponieważ stan techniczny maszyn ulegnie poprawie. Ponadto duża liczba przeglądów i remontów będzie oznaczać wzrost kosztów, lecz gdy będą starannie i dokładnie wykonywane, wówczas w kolejnych latach będzie można zmniejszyć ich liczbę. Wprowadzone zmiany nie wpłyną na liczbę roboczogodzin, ponieważ czas, który był stracony z powodu awarii, obecnie zostanie wchłonięty w planowane przeglądy i remonty.

Przedstawione w niniejszej pracy analizy i propozycje są jedynie częścią prac potrzebnych do wdrożenia TPM w organizacji. Najważniejsze jest uświadomienie sobie istniejących problemów i strat, a następnie dostrzeżenie możliwości poprawy poprzez zmianę myślenia i zaangażowanie.

LITERATURA

1. Dąbrowski K. Remonty i konserwacje maszyn oraz urządzeń technicznych 1978 r.
2. Dyrektywa Maszynowa 98/37WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 czerwca 1998 roku.
3. Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE.
4. Kurasza J. Kontrola maszyn i urządzeń. Przeglądy, naprawy, dostosowanie do wymogów UDT i PIP. Listopad 2005.
5. Mobley R. Keith, Higgins Lindey R., Wikoff Darrin J.: Maintenance Engineering Handbook Seventh Edition. The McGraw-Hill Companies 2008.
6. Oziemski S. Efektywność eksploatacji maszyn, wyd. Instytut Technologii Eksploatacji Radom 1999.
7. Pawlak W.R.: Praktyki 5 S w przedsiębiorstwach i instytucjach, czyli dbałość o porządek i skrzętne gospodarowanie. Wydawnictwo WEKA, Warszawa 2000
8. Piasecki B. i Walczak M. Wymagania bezpieczeństwa dla maszyn umieszczanych na rynkach Unii Europejskiej i na rynku Polskim, opracowanie Ministerstwa Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej – Departamentu Polityki Przemysłowej Warszawa 2003

TPM IMPLEMENTATION IN A LARGE ENTERPRISE

In the work the conception of TPM (Total Productive Maintenance), its advantages and basics are presented. Stages of TPM implementation are described too. The results of equipment functioning analysis made for a chosen department in a large enterprise is shown. The article indicates the actions, which should be done to develop production equipment management process.