

МОДУЛЬНАЯ КОМПОНОВОЧНО-КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА СТАНКА КАК СРЕДСТВО ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Металлорежущий станок, как технологическая машина, представляет собой сложный комплекс различных устройств, выполняющих те или иные функции. Процесс проектирования станка трудоемок, многогранен и требует значительных материальных затрат. В связи с этим особенно актуальной является проблема разработки (выбора) оптимальной стратегии проектирования и средств (методических, технических) ее осуществления.

Процесс проектирования металлорежущего станка разбивается, как правило, на ряд последовательно выполняемых основных этапов: анализ технической задачи, уточнение исходных данных; синтез вариантов общей схемы формообразования; разработка вариантов кинематической структуры; синтез вариантов компоновочной структуры (компоновки); выбор и подробная проработка лучшего конструктивного решения; оформление конструкторской, технологической и другой документации; опытное и серийное производство.

Традиционная стратегия прямого следования при проектировании предусматривает синтез максимального числа возможных технических решений на каждом указанном этапе, а также анализ всех вариантов на осуществимость и на оптимальность. На следующий, низший в иерархическом подчинении этап поступает для дальнейшей разработки лишь один вариант, компромиссный с точки зрения соответствия принятым критериям. Последовательный прямой перебор вариантов исключительно трудоемок и неэффективен из-за большого количества вариантов и из-за достаточно большой вероятности их пропуска. При немашинном проектировании этот недостаток частично компенсируется интуицией, опытом проектировщиков и развитой базой известных технических решений.

Проектирование с использованием вычислительной техники накладывает дополнительные ограничения на использование стратегии прямого следования по следующим причинам.

1. Необходимо, как правило, полный перебор вариантов из-за сложности или даже невозможности алгоритмизации прогнозирующих шагов на низшие уровни с целью исключения заведомо неосуществимых решений.

2. Сложность выбора и алгоритмизации критериев оптимизации на этапах, особенно на высших, и, как следствие, необходимость сравнения вариантов, получаемых на низших уровнях.

3. Сложность формализации задачи синтеза вариантов на начальных этапах проектирования. В частности, на этапе разработки общей схемы формообразования синтез вариантов ведется, как правило, на уровне изобретения, формализация процесса которого возможна лишь частично.

В основу разработки конструкции станка кладется его кинематическая структура. По сути, кинематическая структура представляет основную структуру станка, как машины. Структурная схема станка, как графическая иллюстрация кинематической структуры, есть его принципиальная схема. Основные функции станка реализуются в общем виде через его кинематическую структуру.

Структурная кинематическая схема и ее описание несет, таким образом, объем информации о принципе работы станка, который служит основой для разработки конструкции станка. В общем случае, для данной стадии проектирования равно возможно, что разработанная структура может быть: а) реализована полностью; б) реализована частично; в) нереализуема. Ошибки, допущенные на этапе разработки кинематической структуры, принципиальны. Они могут быть обнаружены лишь на низших стадиях проектирования, что влечет за собой непроизводительные затраты времени разработчиков и материальные потери.

Компоновка станка, как фактор проектирования, вторична по отношению к кинематической структуре. Однако логически неверно рассматривать конкретную компоновку лишь как один из вариантов реализации кинематической структуры. Компоновка обеспечивает не только осуществимость кинематической структуры, но и распределение элементарных движений, расположение в пространстве, степень дробления и распределение ее частей (элементов), влияя тем самым на характеристики и состав самой структуры, т.е., кинематическая структура и компоновка взаимозависимы, при несомненной первичности первой.

Сформулируем ряд задач, решение которых, на наш взгляд, позволит упростить процесс проектирования станков и повысить его надежность.

1. Разработка механизма (методики) комбинированного синтеза на модульной основе кинематической и компоновочной структуры станка.
2. Разработка оптимального алгоритма проектирования на этапах разработки кинематической структуры и компоновки.
3. Разработка системы обозначения комбинированных структур, а также системы формирования, обозначения и кодирования комбинированных модулей.
4. Разработка системы оценочных критериев комбинированных модулей.

В качестве одного из средств решения названных задач ниже предлагается использование при проектировании металлорежущих станков их модульных компоновочно-кинематических структур.

Под компоновочно-кинематической структурой (ККС) станка понимается его комбинированная структура, обладающая свойствами и признаками кинематической и объемно-пространственной структур.

Под модульной компоновочно-кинематической структурой (МККС) понимается ККС, синтезированная из функционально законченных единиц – компоновочно-кинематических модулей.

Под компоновочно-кинематическим модулем (ККМ) понимается функционально определенный компоновочный блок, включающий в себя структурную кинематическую единицу (несколько единиц) с определенной функцией.

Сформулируем основные принципы формирования модульных компоновочно-кинематических структур.

1. Основной структурной единицей МККС является ККМ, который формируется путем объединения компоновочного и кинематического структурных модулей. Каждый из этих модулей можно рассматривать как техническую систему, которая описывается соответствующим множеством:

$$P = \left\{ \left\{ E_i^P \right\}, \left\{ F_j^P \right\}, \left\{ C_k^P \right\} \right\}, \quad (1)$$

$$K = \left\{ \left\{ E_L^K \right\}, \left\{ F_m^K \right\}, \left\{ C_{II}^K \right\} \right\}, \quad (2)$$

где P - множество, описывающее компоновочный модуль;

K - множество, описывающее кинематический модуль;

$\left\{ E_j^P \right\}, \left\{ E_l^K \right\}$ - конечное множество элементов и их свойств соответственно компоновочного и кинематического модуля;

$\left\{ F_j^P \right\}, \left\{ F_m^K \right\}$ - конечное множество функций тех же модулей;

$\left\{ C_K^P \right\}, \left\{ C_{II}^K \right\}$ - конечное множество внешних связей соответственно компоновочного и кинематического модулей.

При формировании ККМ его свойства, функции и связи образуются как логическая сумма свойств, функций и связей компоновочного и кинематического модулей.

2. МККС формируется как сложная техническая система путем объединения ККМ. Полученная путем объединения ККМ МККС должна реализовывать некоторое конечное множество функций, соответствующих исходным техническим характеристикам. Результирующие функции при этом могут быть получены как путем логиче-

ского сложения, так и путем логического умножения подфункций объединяемых КKM.

3. Система (база данных) КKM и система их связей формируются таким образом, чтобы математическая модель МККС могла строиться на положениях теории множества и графов. Подобная модель относительно легко поддается алгоритмизация с целью использования в автоматизированном проектировании.

4. Для графического отображения МККС используются комбинированные схемы, несущие информацию как о кинематической, так и о компоновочной структуре станка.

5. При формировании МККС с целью обеспечения технической преемственности максимально возможно используется математический, логический и графический аппарат базовых методик анализа кинематических и компоновочных структур станков [2, 4].

Сформулируем основные принципы составления структурных компоновочно-кинематических схем (СККС).

1. СККС составляется путем “вписывания” в компоновку его кинематической структуры в принятой системе условных обозначений.

2. В случае необходимости, определяемой решаемой задачей, вписываемая кинематическая структура может детализироваться с требуемой степенью подробности. Детализация осуществляется включением в структурную схему обозначений кинематических и конструктивных элементов. Как правило, детализируются участки и звенья соединения кинематических связей, описывающие связи КKM. Обозначение детализируемых элементов определяется правилами выполнения кинематических, гидравлических, и др. схем и изображений ЕСКД.

3. Обозначения элементов кинематической структуры (двигатели, органы настройки, механизмы и т.п.) в компоновочных изображениях КKM целесообразно располагать соответственно их будущему конструктивному положению.

4. Изображения КKM на СККС масштабируются с целью их графического объединения при автоматизированном проектировании.

Для изображения компоновочной части СККС используется известная система обозначений компоновок станков [1, 2]. Изображение компоновочного модуля аналогично изображению компоновочного блока в известной системе. При этом используется, как правило, обобщенные без детализировки обозначения модулей и формализованное обозначение направляющих. Система координат исполнения (ортогональная

или аксонометрическая) выбирается исходя из требований и сложности решаемой проектной задачи.

В основу изображения кинематической части СККС положена известная система обозначений [3, 4]. Однако модульный принцип проектирования и особенности машинной графики требуют соответствующей её модификации. Модифицированная система условных изображений некоторых элементов СККС представлена в табл. 1.

На рис.1 показан фрагмент СККС станка. Два взаимосвязанных компоновочно-кинематических модуля обозначены соответственно как $ККМ_1$ и $ККМ_2$. Модуль $ККМ_2$ установлен с возможностью вертикального перемещения на направляющих модуля $ККМ_1$, который несет в себе часть кинематической структуры привода (кинематический модуль), включающей транзитное звено 1, кинематическую связь 2, тяговый механизм поступательного перемещения 3.

Часть кинематической структуры другой кинематической группы разделена модульно между $ККМ_1$ и $ККМ_2$. Кинематический модуль $ККМ_1$ включает в себя привод 4 вращательного движения с бесступенчатым изменением скорости и механизмом включения-выключения, кинематическую связь 5, транзитное звено 6. Кинематический модуль $ККМ_2$ состоит из транзитного звена 7 (связано со звеном 6), реверсивного механизма 8, органа ступенчатого изменения скорости 9, кинематической связи 10 и транзитного звена 11.

Использование СККС на основе конструкционных компоновок в процессе модульного проектирования станков помогает решить ряд задач.

1. Предельно упрощается проверка осуществимости кинематической структуры в конкретной компоновке, поскольку МККС реализуется из совместимых кинематических и компоновочных модулей.
2. Упрощается определение рационального расположения элементов кинематической структуры, включая двигатели и органы настройки.
3. Упрощается разработка кинематической схемы станка, поскольку модульная кинематическая структура с высокой степенью однозначности предопределяет расположение основных элементов кинематики.
4. Облегчается разработка общей схемы конструктивной связи узлов станка в результате отработанности вариантов выполнения связей ККМ. Модульный характер предопределяет в значительной мере конструктивное схемное решение узлов, чем упрощается выполнение ниже идущих этапов конструирования.

Условные изображения элементов кинематических структур

Графическое изображение	Элемент кинематической структуры
	Кинематическая связь (цепь)
	Звено кинематической связи (кинематическая пара)
	Транзитное звено (передача вращения между поступательно перемещающимися блоками)
	Вращательное звено кинематической цепи (вал)
	Исполнительный механизм вращательного движения
	Исполнительный механизм поступательного перемещения (тяговый механизм)
	Исполнительный механизм вращательного и поступательного перемещений
	Электродвигатель
	Механизм изменения движения (общее обозначение)
	Механизм (орган) настройки ступенчатый
	Механизм настройки бесступенчатый (вариатор)
	Механизм реверсивный
	Суммирующий механизм
	Переключающий механизм
	Привод вращательного движения (общее обозначение)

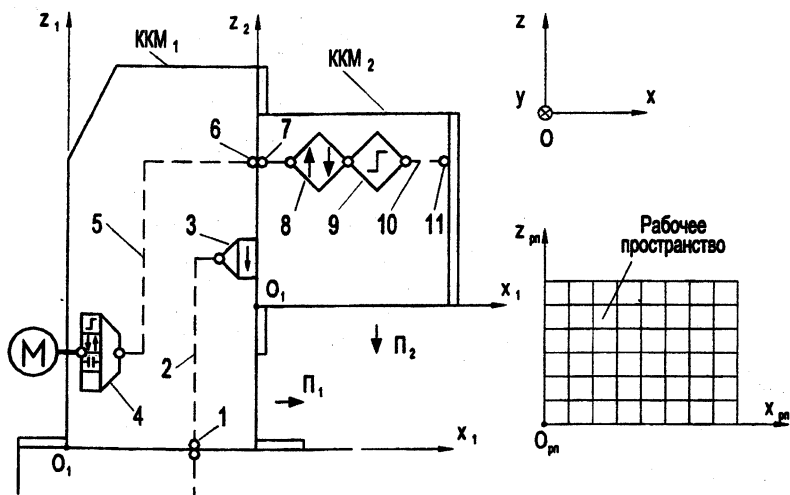


Рис.1. Структурная компоновочно-кинематическая схема станка

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
2. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
3. Данилов В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием. – Мн.: Наука и техника, 1995. – 264 с.
4. Федотенок А.А. Кинематические связи в металлорежущих станках. – М.: Машгиз, 1960. – 297 с.

УДК 621. 95

Э. М. Дечко

АВТОКОЛЕБАНИЯ ШНЕКОВЫХ СВЕРЛ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Известны различные направления исследований и использования колебаний в процессах обработки материалов резанием. Одно из направлений касается устране-