

УДК 621.81.004.12

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2011 И.Д. Белоновская, К.Е. Цветкова, Ю.С. Осадчий

Оренбургский государственный университет

Поступила в редакцию 17.03.2011

В статье рассматриваются особенности модульного проектирования оборудования как фактора повышения эффективности непоточного производства. Приводятся примеры компоновок оборудования на основе мехатронных единиц в условиях регионального машиностроения.

Ключевые слова: *непоточное производство, мехатронные единицы, эффективность обработки, агрегатно-модульный принцип*

В Оренбургской области машиностроительные предприятия традиционного входят в число бюджетообразующих и оказывают значительно влияние на экономическое развитие и социальную стабильность региона. В то же время кризисные явления отечественной экономики определяют потребность производств в переходе на единичные заказы, малые партии изделий. Существующие производственные мощности организованы на принципах поточного производства, что не соответствует создающимся условиям мелкосерийного типа производства. При возникновении единичных заказов предприятие вынуждено действовать по схемам непоточного производства. В данной статье представлены вопросы выбора оборудования для повышения эффективности работы предприятия машиностроения в непоточном производстве.

Непоточная форма производства в логистике часто понимается как преимущественно неупорядоченное движение предметов труда в пространстве, сочетаемое с прогнозированным движением во времени, и применяется в основном в единичном, мелкосерийном и серийном производствах [14]. С этой точки зрения наибольшая сложность организации непоточного производства по сравнению с поточной состоит, прежде всего, в необходимости упорядочения движения предметов труда в пространстве, сведения хаотичных потоков в единый

технологический маршрут производства однотипной продукции. Упорядочение движения деталей возможно только путем организации и однонаправленного движения, унификации и типизации технологических процессов изготовления деталей, закрепленных за одним предметно-замкнутым участком. Другой вариант непоточной формы организации рассматривается в машиностроении как наиболее общий подход к размещению оборудования и перемещению предметов труда без акцентов на хаотичность этих движений. В любом случае при непоточной форме производственного процесса в машиностроении технологическое оборудование размещается однотипными группами без связи с последовательностью выполнения операций. Изделия, как правило, конструктивно и технологически различны и в процессе обработки перемещаются сложными маршрутами со значительными перерывами в движении. Повышение эффективности такого производства связано с двумя факторами: во-первых, оптимизацией размещения состава станочного парка и, во-вторых, выбором оборудования, сочетающего высокую степень автоматизации с гибкостью и унификацией.

При выборе технологического оборудования непоточного производства в первую очередь учитывают серийность выпуска, которая определяет уровень гибкости оборудования. В условиях региональных производств приходится ограничиваться минимальным расширением существующих технологических возможностей с учетом параметров качества, производительности и себестоимости изготовления изделий [10]. Так, часть действующих машиностроительных производств Оренбургской области организована на основе ГПС [7]. В практике ГПС используют многоцелевые станки с многошпиндельными насадками, которые выполняются сборными из унифицированных

---

*Белоновская Изабелла Давидовна, доктор педагогических наук, профессор кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: t251589@mail.ru*

*Цветкова Кристина Евгеньевна, кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: orfk.02@mail.ru*

*Осадчий Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов*

элементов. Это позволяет при ограниченном числе конструктивных элементов составлять несколько вариантов многошпиндельных насадок и обеспечивать сочетание автоматизации и гибкости производства [9]. В последнее время технологическое оборудование модульно оснащают микропроцессорной техникой и адаптивными системами управления, позволяющими повысить точность и производительность обработки изделий [4].

**Цель работы:** уточнить специфику модульного проектирования современного оборудования из мехатронных единиц как фактора повышения эффективности обработки деталей машин в непоточном производстве.

Применение мехатронного подхода по сравнению с традиционными средствами автоматизации позволяет реализовать:

- относительно низкую стоимость (благодаря высокой степени интеграции, унификации и стандартизации всех элементов и интерфейсов);
- высокое качество реализации сложных и точных движений (в результате применения методов интеллектуального управления);
- высокую надежность, долговечность (например, за счет повышения точности и помехозащищенности);
- конструктивную компактность модулей;
- улучшенные массогабаритные и динамические характеристики мехатронного объекта вследствие укорочения кинематических цепей механизмов;
- возможность комплектования функциональных модулей в более мехатронные объекты более сложных уровней под конкретные задачи заказчиков [11].

В качестве основного классификационного признака в мехатронике предлагается принять уровень интеграции составляющих элементов, в соответствии с которым построена таблица 1.

**Таблица 1.** Уровни развития мехатронных объектов

Уровни	Мехатронные объекты
1-й уровень	мехатронизированные модули
2-й уровень	мехатронные модули
3-й уровень	интеллектуальные мехатронные объекты
Перспективный уровень	мехатронные комплексы

Мехатронизированные модули 1-го уровня – мотор-редукторы, где механический редуктор и управляемый двигатель выпускаются как единый функциональный элемент

(например, спироидные и червячные мотор-редукторы). Мехатронные агрегаты на основе этих модулей нашли широкое применение при создании средств комплексной автоматизации производств (конвейеров, транспортеров, поворотных столов, вспомогательных манипуляторов). Необходимо сделать примечание: здесь приведены объекты, имеющие лишь две компоненты – механическую и электрическую, а поэтому, согласно определению, к мехатронным не относящиеся. Указанные мехатронизированные модули следует, по мнению автора, отнести к мехатронным объектам. 2-го уровня появились в 1980-х гг. в связи с развитием новых электронных технологий, которые позволили создать миниатюрные датчики и электронные блоки для обработки их сигналов. Объединение приводных модулей с указанными компонентами привело к появлению мехатронных модулей движения, состав которых полностью соответствует определению мехатроники, где присутствует интеграция механических, электротехнических и электронных элементов. Мехатронные модули 3-го уровня обусловлены процессом интеллектуализации мехатронных объектов, в первую очередь, процесса управления функциональными движениями. Одновременно идет разработка новых принципов и технологий высокоточных и компактных механических узлов, а также новых типов электродвигателей (в первую очередь высокомоментных, бесколлекторных и линейных), датчиков обратной связи и информации. Этот уровень указывает на наличие неинтеллектуализированных мехатронных объектов, а системы с интеллектуальным управлением завершают действующее определение мехатроники. Современная тенденция требует объединять мехатронные объекты в комплексы на базе единых интеграционных платформ.

Мехатронные единицы металлообрабатывающих станков в условиях непоточных производств, как правило, включают: шпиндельные бабки, станины со встроенными направляющими качения, скольжения, шариковыми винтовыми параметрами, линейными двигателями, которые обладают высокой жесткостью и термостойкостью, столы горизонтальных, вертикальных в сборе с механизмами поворота и перемещения, ограждения зоны резания упрощенного типа или полностью герметичные (кабинетного типа) от проникновения графитовой пыли и т.п., механизмы подачи СОЖ в зону обработки, транспортные устройства для загрузки-выгрузки заготовок в зону обработки, электрошкафы в комплекте с электрооборудованием и УЧПУ с подвесными для пультов управления [6].

Использование элементов модульного проектирования позволяет повысить технический уровень выпускаемых станков и снизить затраты на их проектирование и изготовление [1]. Развитие модульного проектирования на основе применения мехатронных модулей дает возможность создания мехатронных станочных систем с повышенными технико-экономическими показателями [3]. Такими характеристиками обладают, например, станки 160РТ, 400V, 500 V/5, спроектированные и изготовленные с

использованием ряда современных комплектующих изделий российских и зарубежных фирм. При выборе оборудования следует предпочитать оборудование, построенное по агрегатно-модульному принципу. Применение единой модульной основы проектирования станков позволяет улучшить дизайн, повысить точность, надежность, удобство обслуживания и получить сравнительно невысокую стоимость производимого оборудования.

**Таблица 1.** Пример использования модулей в проектировании и изготовлении станков с УЧПУ различного назначения

Выбор оборудования	Используемый модуль					
	шпиндельная бабка	шпиндельный узел	станина	колонна	опоры приводов	инструментальный магазин
160 НТ	нет	используется	используется	нет	используется	нет
500V/5	используется	используется	нет	используется	используется	используется
400V	используется	используется	используется	используется	используется	используется

Сборка станков на модульной основе даёт возможность компоновать различные виды станков, в том числе под конкретно деталь заказчика [6]. Использование модульного проектирования в сочетании с технологической проработкой позволит увеличить гибкость автоматических комплексов, сократить объём и сроки разработки конструкторской документации, минимизировать сроки создания комплексов благодаря запуску в производство основных его унифицированных компонентов параллельно с разработкой конструкторской документации. Также возможно снизить стоимость изготовления отдельных частей комплексов вследствие серийного изготовления унифицированных элементов на специализированных заводах [12], увеличить надежность работы комплексов в связи с применением апробированных конструкций унифицированных элементов [2].

Использование модульного проектирования в сочетании с технологической проработкой и унификацией узлов между станками позволяет повысить производительность и, одновременно, сократить накладные расходы, в том числе связанные с техническим обслуживанием и поставкой комплектующих. Оренбургские предприятия активно сотрудничают в этом вопросе с такими производителями как Стерлитамакский станкостроительный завод ОАО «Стерлитамак - М.Т.Е», ориентированными на модульное проектирование станков на основе применения мехатронных модулей [13].

Широта номенклатуры мелкосерийного непоточного производства вынуждает использовать основное оборудование, которое может быстро переналаживаться при смене выпускаемой продукции. Этим требованиям также отвечают станки с ЧПУ, позволяющие осуществлять быструю кинематическую переналадку, а при оснащении их системами автоматической размерной настройки – точностную переналадку. При увеличении размера партии деталей возникает возможность использования и загрузочно-разгрузочных устройств в виде промышленных роботов, а также встроенных накопителей, позволяющих осуществлять функции автоматической транспортно-накопительной системы [5]. При этом оптимальным вариантом оборудования непоточного производства является ситуация, когда по предложенным заказчиком деталям в результате модульного проектирования производитель вырабатывает комплексное предложение, включающее оборудование, режущий и вспомогательный инструмент, технологию, управляющую программу, оснастку – т.е. технологические проекты «под ключ». Использование технологического оборудования с системами ЧПУ по модульному принципу в непоточном производстве позволяет уменьшить затраты оборотных средств, связанных с незавершённым производством, так как в этом случае значительно сокращается цикл производства изготовления изделия и повышается оперативность управления. Наибольший эффект достигается при изготовлении сложных деталей малыми партиями, так как в этом случае сокращается

время на подготовку и смену управляющих программ.

При оценке экономической эффективности следует напомнить, что затраты на переналадку технологического оборудования, приходящиеся на одну деталь, прямо пропорциональны сложности переналадки, частоте запуска партий изделий в течение года и обратно пропорциональны годовому объёму выпуска изделий, т.е. они будут наиболее значительны в непоточном производстве. В то же время с увеличением частоты запуска деталей в производство и уменьшением партии деталей затраты от связывания оборотных средств в незавершённом производстве будут снижаться. Анализируя известный в технологии машиностроения график зависимости затрат, приходящихся на одну деталь [8] можно определить частоту запуска, обеспечивающую минимальные затраты.

**Выводы:** модульное проектирование является одним из факторов повышения эффективности работы машиностроительных производств непоточной формы организации, обеспечивая снижение себестоимости изготовления деталей, расширение функциональных возможностей оборудования, повышение точности, надежности и удобства обслуживания оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Биндюро, А.М.* Методы модульного проектирования организации производственных процессов в машиностроении : автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / *А.М. Биндюро*. – СПб., 2008. – 18 с.
2. *Бушуев, В.В.* Практика конструирования машин: справочник (Библиотека конструктора) / *В.В. Бушуев*. – М.: Машиностроение, 2006. 448 с.
3. *Готлиб, Б.М.* Введение в мехатронику / *Б.М. Готлиб*. – Екатеринбург, 2008. 521 с.
4. *Зеленский, А.А.* Мехатронный модуль контурной обработки материалов на базе двухподвижного механизма с поворотным столом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.05 / *А.А. Зеленский*. – Новочеркасск, 2010. 20 с.
5. Официальный сайт ООО Станкомаш г. Челябинск <http://stanki-chel.ru>
6. Официальный сайт Стерлитамакского станко-строительного завода ОАО «Стерлитамак - М.Т.Е» [www.stanok-mte.ru](http://www.stanok-mte.ru)
7. *Сердюк, А.И.* Переход от технического задания к техническому предложению по созданию ГПС: Учебное пособие для вузов с грифом УМО АМ / *А.И. Сердюк, Л.В. Карагулова*. — Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006. 16 п.л.
8. *Схиртладзе А.Г.* Проектирование участков и цехов машиностроительных производств: учебное пособие / *А.Г. Схиртладзе, В.П. Вороненко, В.В. Морозов* (и др.); под ред. проф. *В.В. Морозова*. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. 452 с.
9. Технологические основы гибких производственных систем : учеб. для машиностроит. спец. вузов / под ред. *Ю.М. Соломенцева*. - М.: Высшая школа, 2000. 254 с.
10. *Фоменко, Н.М.* Инструментальное обеспечение разработки взаимосвязанных плановых и оперативных решений в серийном непоточном производстве: На примере обособленного структурного подразделения машиностроительного предприятия: автореф. ... канд. эконом. наук: 08.00.13 / *Н.М. Фоменко*. – Ростов-на-Дону, 2003. 21 с.
11. *Шалобаев, Е.В.* Теоретические и практические проблемы мехатроники // Современные технологии / Под ред. *А.Козлова*, СПб.: Изд. ИТМО. 2004. С. 46-67.
12. *Шатохин, А.Ф.* Совершенствование технологической подготовки производства для токарных станков с ЧПУ при использовании модульной инструментальной оснастки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / *А.Ф. Шатохин*. – Бийск. – 16 с.
13. [http://www.stanok-mte.ru/index\\_ru.php?m=pr](http://www.stanok-mte.ru/index_ru.php?m=pr)
14. <http://www.startlogistic.ru/proizvod/potoch/>

## TO THE QUESTION OF CHOICE THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT AT NOT-LINE MANUFACTURE

© 2011 I.D. Belonovskaya, K.E. Tsvetkova, Yu.S. Osadchiy  
Orenburg state university

In article features of modular designing the equipment as factor of increase the efficiency of not-line manufacture are considered. Examples of configurations the equipment on basis mechatronic units in the conditions of regional machine building are resulted.

Key words: *not-line manufacture, mechatronic units, processing efficiency, agregate-modular principle*

---

*Izabella Belonovskaya, Doctor of Pedagogy, Professor at the Machine Building Technology, Metal Cutting Tools and Complexes Department. E-mail: t251589@mail.ru*  
*Kristina Tsvetkova, Candidate of Pedagogy, Senior Lecturer at the Machine Building Technology, Metal Cutting Tools and Complexes Department E-mail: orfk.02@mail.ru*  
*Yuriy Osadchiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Machine Building Technology, Metal Cutting Tools and Complexes Department*