

Числовое значение оптимальности находится в диапазоне от  $-\infty$  (хуже) до 1 (лучше). Допустимые с точки зрения годности значения неотрицательны. 6. Предложено семейство функций, позволяющих численно оценить оптимальность размера, и получены формулы для построения этих функций. 7. Функция распределения оптимальности размеров характеризует качество технологии изготовления.

*Поступила в редколлегию 11.03.2010*

**УДК 621.73.65**

***Е.И. ЯКОВЕНКО, А.А. ПЕРМЯКОВ***, д-р тех. наук, (г. Харьков)

### **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ПОСТРОЕННОГО ПО АГРЕГАТИРОВАННОМУ ПРИНЦИПУ С ПОЗИЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ**

Дана стаття присвячена аналізу тенденцій розвитку виробництва з використанням агрегатованого обладнання щодо питань автоматизації та забезпеченню високої продуктивності виробництва шляхом аналізу життєвого циклу деталі як об'єкта виробництва. Розглянуто декілька прикладів використання втілення ідеї життєвого циклу обладнання у сучасних виробників та через розглядання життєвого циклу обладнання наведені чинники актуальності використання агрегатованого обладнання у сучасній промисловості. Також наведені можливі шляхи розв'язання конфлікту між гнучкістю та продуктивністю обладнання.

This article is an analysis of trends using aggregated production equipment on the issues of automation and high productivity by analyzing the details of the life cycle of a production facility. We consider several examples of embodiment of the life cycle of modern equipment manufacturers and through examination of the life cycle of equipment are the factors of relevance aggregated equipment in modern industry. There are some possible ways to resolve the conflict between flexibility and performance of equipment.

В условиях современной конкурентной ситуации рынка машиностроения понятия эффективности производства напрямую связаны с понятием жизненного цикла изделия. Так, с одной стороны, производитель тяготеет к сокращению (вводя на рынок все более наукоемкие товары) жизненного цикла изделия, что совместно с ускорением внедрения наукоемких технологий, ускоряет процесс «старения» товара, и как следствие, увеличивает спрос на товар; с другой стороны, стремление к уменьшению себестоимости изделий заставляют производителя учитывать не только «маркетинговые» составляющие понятия «жизненного цикла» изделия, но и задумываться о жизненном цикле оборудования, загрузка которого с производством этого изделия связана. Поэтому понятие жизненного цикла изделия становится очень важным при решении вопросов увеличения сбыта продукции и повышения эффективности работы промышленных предприятий.

Сложившиеся тенденции на рынке выдвигают с одной стороны - повышение требований к точности и качеству обработки деталей выпускаемых машин, а с другой - сокращение сроков производства изделий по неизменяемым чертежам, то есть переход от массового выпуска продукции к серийному с необходимостью повышения производительности труда и уменьшению сроков технической подготовки производства на базе существующего и перспективного оборудования.

Это создает предпосылки для формирования принципиально нового производства, сочетающего высокий уровень автоматизации и производительности характерных для массового производства, с гибкостью, присущей серийному производству. Такое производство выдвигает необходимость эффективного использования существующих моделей оборудования (как специального, так и универсального) и концептуального развития нового специального оборудования, соответствующего выдвигаемым требованиям. Это оборудование должно обладать способностью без остановки и при минимальных стоимостных, временных и овеществленных затратах переходить на выпуск новой продукции, удовлетворяя главному требованию - достижению максимальной экономической эффективности, то есть производству изделий с минимальными капитальными и текущими затратами. Наиболее эффективным видом технологического оборудования, применяемого в настоящее время в условиях современного производства, является универсальные и многоцелевые станки, работающие в автоматическом режиме, главные достоинства которых - высокая степень гибкости и полная автоматизация рабочего цикла. Однако у такого оборудования имеются и существенные недостатки – эти станки достаточно дороги и обеспечивают относительно небольшой рост производительности по сравнению с универсальными станками с ручным управлением только за счет автоматизации вспомогательных работ (по некоторым источникам в 1,5...2,8 раза). Это выдвигает необходимость при больших партиях организовывать параллельность выпуска изделий и использовать много дорогостоящего металлорежущего оборудования с ЧПУ, что резко увеличивает экономические затраты и себестоимость изделий.

Более эффективным путем совершенствования средств автоматизации машиностроительного производства при значительных объемах партии изделий, гарантирующим опережающий рост производительности по сравнению с увеличением экономических затрат на автоматизацию является повышение степени концентрации технологических переходов. Наиболее перспективным, с этой точки зрения, видом металлорежущего оборудования являются агрегатные станки и автоматические линии, отличающиеся максимально возможным уровнем концентрации технологических переходов и обеспечивающие превосходство по производительности над универсальными станками с ручным управлением в десятки раз. Однако они имеют очень низкий уровень переналаживаемости, хотя возможность оперативного изменения структуры агрегатного металлорежущего оборудования заложена в са-

мом принципе агрегатирования, предполагающем компоновку станков и систем из унифицированных агрегатов и устройств.

Попробуем проанализировать приведенные взгляды на автоматизацию с позиций анализа жизненного цикла изделия.

Исследования, проведенные журналом *Manufacturing Engineering* в США, показывают, что фактически такое оборудование, как автоматические линии в понятиях 80-х годов, больше не существует. В свое время это было наиболее прогрессивное оборудование крупносерийного и массового производства. По мере сокращения длительности жизненного цикла выпускаемых изделий необходимость окупаемости таких металлообрабатывающих «монстров» в течение всего лишь нескольких лет значительно уменьшала эффективность и экономичность использования такого оборудования, так как невозможность дальнейшего использования агрегатированного оборудования с жесткой связью вела к необходимости новых капитальных вложений [3]. Важно заметить, что данный вывод по своей идее не отрицает возможности использования агрегатированного оборудования, а лишь указывает на моральное устаревание оборудования с жесткой связью и без возможности переналадки для выпуска других изделий.

Сегодня у станков и систем машиностроительного производства срок службы составляет 8-12 лет. Может случиться, что новые поколения продукции, которые должны быть изготовлены на старом оборудовании, превышают возможности старых станков.

Чтобы преодолеть эти ограничения, компании хотят вкладывать капитал в гибкие и переналаживаемые станки, которые предлагают большую вариативность обработки за минимальное установленное время переналадки. Операция таких многофункциональных и гибких станков могла бы быть неэффективной с финансовой точки зрения, так как многие маленькие и средние производственные фирмы станкостроения не могут предсказать их технологические процессы с точки зрения объектов обработки. Тогда цель инвестиционного планирования должна состоять в том, чтобы оценить станки, которые будут установлены с точки зрения их возможностей и рентабельности. По утверждению многочисленных исследователей, в ближайшее время суммарные расходы жизненного цикла оборудования будут выходить на первый план и иметь все более и более существенное значение.

В процессе создания высокоэффективного оборудования для конкретных условий производства станкостроительным компаниям приходится решать сложную задачу разрешения противоречия между высокой производительностью специального многопозиционного многоинструментного оборудования и его низкой переналаживаемостью и гибкостью с одной стороны и относительной невысокой производительностью и быстрой переналаживаемостью многофункциональных станков.

В частности, Переконфигурируемые Производственные Системы (ППС) (или в международной терминологии *Reconfigurable Manufacturing*

System – RMS) обладают шестью основными особенностями: модульность, интегрируемость, настраиваемая гибкость, масштабируемость, обратимость и диагностируемость. Эти особенности относятся как ко всей производственной системе, так и к некоторым компонентам – переконфигурируемым станкам [1].

Говоря о создании высокоэффективного оборудования вообще, разрешение противоречий между гибкостью и производительностью оборудования идет несколькими путями:

- создание переналаживаемых станков и автоматических линий, на базе существующих принципов агрегатного станкостроения;

- создание модульных систем традиционной компоновки на основе определенного модельного ряда базовых комплектующих элементов, оснащенных системами ЧПУ для обеспечения однотипности конструктивных решений и быстрой переналаживаемости;

- создание металлообрабатывающих систем на основе координатно-управляемых базовых элементов.

Еще одним вариантом разрешения такого противоречия можно считать создание многономенклатурных станков, построенных по агрегатированному принципу. Степень гибкости при переналадке такого оборудования может быть довольно высокой. Причем варианты этой переналадки достаточно разнообразны от переналадки приспособлений (замена базовых элементов и узлов зажима) и шпиндельных узлов (использование шпиндельной оснастки с регулируемым положением шпинделей) до их полной замены. Существуют достаточно способов организации замены многошпиндельных коробок, благодаря которым, можно подобрать необходимый вариант технологической компоновки, ее конструкторскую реализацию и степень автоматизации агрегатного оборудования на стадии проектирования. На стадии реконструкции оборудования использование рассмотренных выше элементов несколько затруднительно, так как станков и автоматических линий, выпущенных с использованием таких технических решений, еще не много и они не нуждаются в модернизации, так как ориентированы уже на определенную гибкость. Примером конструкции такого агрегатного станка является ПАС-1-2 производства завода «Станкоагрегат», Россия.

Станок предназначен для многошпиндельной обработки деталей любого типа и из любых материалов, габариты которых не превышают 600x500x400 мм, вес с палетой до 400 кг. Применение станка рационально также для обработки небольших по габариту деталей с небольшим количеством отверстий, каждое из которых обрабатывается в несколько переходов. В таком случае обрабатывается одновременно несколько деталей.

Интересным примером обеспечения такой гибкости является линия фирмы “Cincinnati Lamb”, которая предлагает использовать компоновку автоматической линии (высокоуровневой технологической системы по опреде-

лению фирмы), основой которой обычно является четырех позиционный агрегатный станок.

Одна из позиций этого станка является загрузочной, а три другие позиции оснащены силовыми агрегатами на базе силовых столов имеющих две координаты перемещения в плоскости параллельной плоскости стола. Шпиндельные коробки сменные и хранятся в специальных магазинах (до 4 штук) расположенных непосредственно за рабочей позицией обработки. В этом случае сохраняются основные преимущества агрегатных станков (многоинструментная обработка) и обрабатывающих центров (гибкость).

Сотрудники исследовательской лаборатории корпорации Mori Seiki Co., Ltd., выпускающей более 700 многооперационных станков в год, утверждают, что гибкие производственные системы для массового производства, такого, как производство автомобилей и запасных частей к ним, все более и более востребовано в настоящее время из-за постоянно сокращающегося жизненного цикла всех индустриальных продуктов. [2]. Поточная линия, построенная на базе обрабатывающих центров высокой эффективности, привлекла большое внимание автомобильных производителей так же, как и поставщиков автомобильных запасных частей. Чтобы приспособить эту технологическую тенденцию к потребности рынка, необходимо развивать структуру станка, которая сможет выполнять основные концептуальные требования такого оборудования, такие как гибкость, надежность и производительность для массового производства. В поточной линии сложность лучше всего выражена, когда есть ряд взаимозаменяемых единиц механической обработки отличающейся переналадкой, такой как горизонтальная механическая обработка, вертикальная механическая обработка и поворотная обработка. Практически, это означает, что можно добавить или убрать станки из поточной линии или заменить другими станками с другой переналадкой. Чем легче может быть достигнута эта замена, тем более свободно могут быть произведены изменения, чтобы гарантировать максимальную производительность и минимум изменений уровня производства. Этому способствует модульный принцип конструирования станков

Одновременно с этим все больше внимания уделяется развитию не только конструкции станков вообще, но и совершенствованию конкретных узлов, в частности, все более широкое распространение в современном станкостроении получают шпиндельные узлы с так называемой «параллельной кинематикой». «Параллельная кинематика» реализует концепцию управления координатным положением шпиндельного узла за счет специальных механизмов (механических или гидравлических); определенное применение получили унифицированные многошпиндельные головки, серийно выпускаемые рядом европейских компаний; для высокопроизводительного оборудования разрабатывается и внедряется специальный режущий инструмент, и проч.

Приведенные примеры использования, развития и совершенствования агрегатированного оборудования прежде всего указывают на два фактора:

- отрасль станкостроения, основанная на применении агрегатно-модульного принципа построения оборудования, все еще достаточно востребована на рынке;

- применение современных подходов в условиях обостряющейся конкурентной борьбы производителей и «гонкой» за производительностью и снижением себестоимости товара указывает на необходимость использования CALS технологий и анализа жизненного цикла оборудования и изделий в модернизации производства.

Одним из способов реализации задачи по обеспечению высокой производительности машиностроительных предприятий автор статьи видит прежде всего в увеличении жизненного цикла (агрегатированного) оборудования. В частности, предлагается разработать организационную систему поддержки жизненного цикла оборудования с применением модульного принципа при проектировании оборудования, которая позволила бы обеспечить достаточную гибкость и производительность путем решения следующих задач:

- установить и исследовать параметры объектов обработки оказывающих наибольшее влияние на выбор универсального и специального металло-режущего оборудования и установить минимальный набор параметров для классификации оборудования с позиций его дальнейшего использования;

- применить разработанные или новую методику оценки эффективности использования различных типов оборудования на основе критерия технологической себестоимости при проектировании нового оборудования или при выборе оборудования для решения производственных задач;

- разработать варианты реинжиниринга существующего оборудования, построенного по агрегатированному принципу с целью продления его жизненного цикла.

**Список литературы:** 1. *Карпуть В.Е.* Анализ автоматизированных технологических систем по интенсивности формообразования // Резание и инструмент. – Вып. 36. – Харьков: Вища шк., 1986 – с. 61 – 65. 2. Reconfigurable Machine Tools for Mass Production. *Kazuyuki Hiramoto, Masahiko Mori, Mori Seiki Co., Ltd, Nagoya* // Japan 1DTL Mori Seiki Inc. California, USA, 2002. -26P. 3. Reconfigurable Manufacturing System and Their Enabling Technologies. *Mehrabi, M.G., Ulsoy A.G.* //2000 International J. of Manufacturing Technology and Management, Vol. 1, No. 1, pp. 113 – 130. 4. Rapid reconfiguration of machine-tools for holonic manufacturing system, *Strasser T., Fessel K.*, and other, Profactor Research, Austria. 2003. – 46P. 5. *Гаврылюк Ю.П.* Структурно – компоновочный синтез многономенклатурных агрегатных станков // дис. на соиск. уч. степ. к.т.н. – Харьков: 1998. – 221 с. 6. Life – cycle oriented development of machine tools- *C. Mohring, D. Lange, H. Noske*, University of Hannover, Institute for Production Engineering and Machine Tools, Germany // Artis GmbH, Germany - Ingenieurburo Dr. Noske, Germany. 7. *Карпуть В.Е., Костандинов К.Я.* Проблемы повышения эффективности гибких производственных систем механообработки // Вестн. Харьк. Политехн. ин – та, N273. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. – Вып. 1. – Харьков: Основа, 1990. – с. 61 – 63.

*Поступила в редколлегию 25.03.10*