

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ю. А. Павлов, профессор МГГУ, д-р техн. наук

Е. А. Полянцева, горный инженер

Современные гибкие автоматизированные (ГАП) и компьютерно-интегрированные (КИП) производства информационно и организационно объединяют все стадии жизненного цикла продукции (изделий) из природного камня – от художественно-технического проектирования и технологической подготовки производства изделий до их обслуживания в процессе эксплуатации, реставрации и утилизации отходов [1]. Основополагающую роль в создании КИП играет автоматизированное технологическое оборудование (основное и вспомогательное), обеспечивающее техническое перевооружение предприятий камнеобработки.

Предпосылкой модернизации камнеобрабатывающего производства является общая классификация технологического оборудования на основе системного анализа объектов и процессов для всех видов каменной продукции (облицовочных и стеновых каменных материалов, поделочных, цветных и ювелирных камней) на всех стадиях ее жизненного цикла [2]. Дополнительная классификация основного технологического оборудования по функциональным возможностям, размерным и конструктивным параметрам, уровням специализации, технологической гибкости и автоматизации важна (особенно по двум последним признакам) при разработке КИП оборудования для гибких автоматизированных камнеобрабатывающих компьютерно-интегрированных производств и определении эффективных областей их применения в зависимости от типа производства (рис. 1) [3].

Россия имеет богатый исторический опыт добычи, обработки и применения природного камня в архитектуре, строительстве, мемориальном и декоративно-прикладном искусстве, обладает практически неограниченными запасами природного камня. С изменением экономических условий хозяйствования в стране начал динамично развиваться рынок изделий из камня. Располагая огромным потенциалом для увеличения добычи и переработки природного камня, расширения сферы потребления и роста объемов производства каменной продукции, Россия, тем не менее, до настоящего времени не играет существенной роли на мировом рынке. Это обусловлено целым рядом причин, связанных с особенностями отечественной минерально-сырьевой базы и закономерностями развития отрасли по добыче и обработке камня, традициями его потребления, экономическими и политическими преобразованиями в стране. Смещение акцентов в отрасли от производства к сбыту, жесткая конкуренция как на внутреннем, так и на мировом рынке поставили перед российскими производителями каменной продукции задачи расширения номенклатуры изделий, обеспечения высоких потребительских свойств продукции и ее ценового превосходства. Ключ к решению этих задач – ускоренный переход к гибкому компьютерно-интегрированному производству.

При организации компьютерной технологической подготовки производства широкой номенклатуры сложных изделий из камня целесообразно применение модульных технологий, позволяющих группировать изделия разного назначения по единству используемых функционально-геометрических элементов, обрабатываемых по типовым и наиболее эффективным операционным процессам, в том числе на оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ) на базе параметризованных программно-технологических модулей.

Выбор конкретного варианта структуры системы художественной (ART) и конструкторско-технологической (CAD-CAM)\* подготовки производства зависит от доли выпускаемых по индивидуальным заказам изделий в производственной программе предприятия, уровня организации подготовки производства и автоматизации проектно-производственных операций, длительности, точности и безошибочности выполнения этапов технологической подготовки производства, а также от полноты и достоверности необходимых исходных данных.

Разработка проекта нового изделия

требует значительных затрат времени и не исключает субъективных ошибок проектирования. При большом количестве поступающих заказов конструкторско-технологическая подготовка может сдерживать полную загрузку производственных мощностей предприятия. Экстенсивный способ решения этой проблемы путем увеличения штата специалистов неизбежно приведет к росту себестоимости продукции, что неприемлемо в современных рыночных условиях. Решить проблему в принципе позволяет параллельное и независимое выполнение операций эскизного и рефлексного проектирования [3]. В этом случае при реализации заказа нового изделия не требуется конструкторско-технологическая проработка, так как она априорно входит в одну из технологических цепочек. Продолжительность рефлексного проектирования изделия невелика по сравнению с длительностью проектирования нового изделия, а субъективные ошибки исключаются в основном на этапе приема заказа.

Внедрение систем ART-CAD-CAM позволяет также решить вопрос дефицита квалифицированных дизайнерских и инженерно-технических кадров,

\*CAD – computer-aided design, CAM – computer-aided manufacturing.

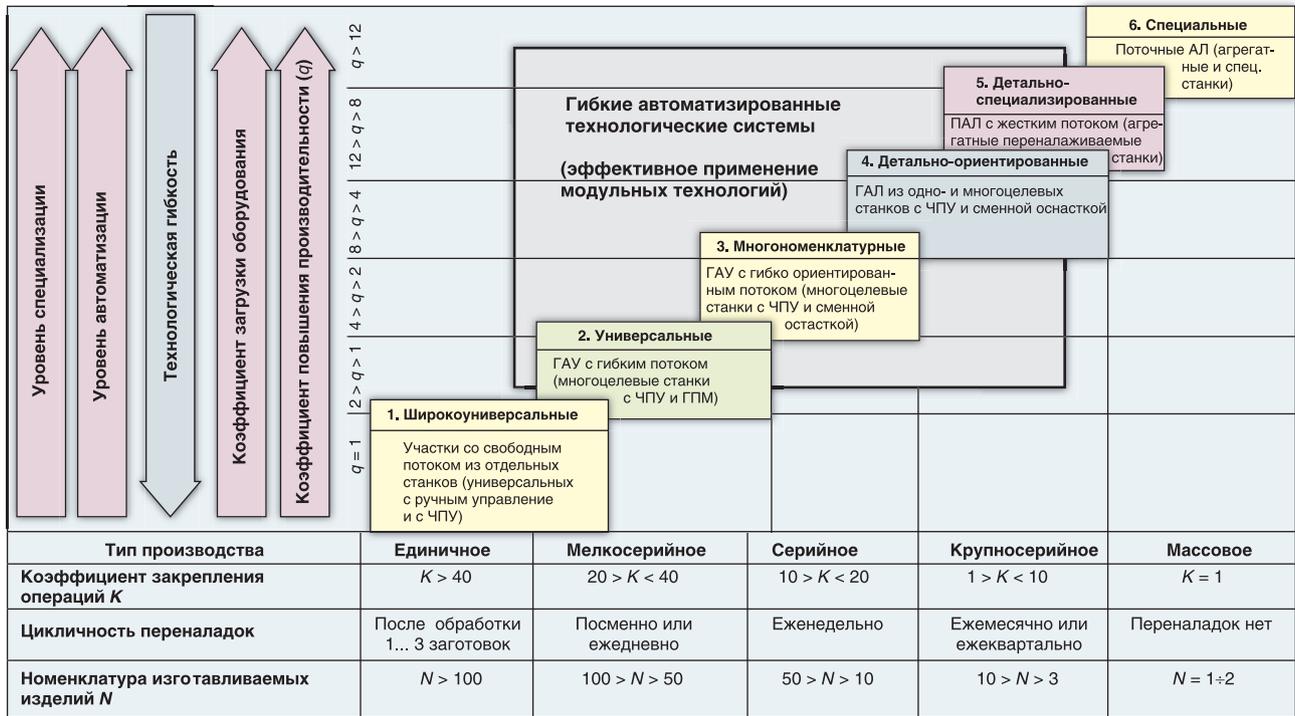


Рис. 1. Классификация технологических систем в камнеобрабатывающем производстве:

ЧПУ – числовое программное управление; ГАУ – гибкие автоматизированные участки; ГАЛ – гибкие автоматические линии; ПАЛ – переналаживаемые автоматические линии; ГПМ – гибкие производственные модули

так как главной задачей дизайнера-конструктора становится разработка новых прототипных моделей изделий\*\*, а задачей технолога – разработка типовых технологических процессов их изготовления. При этом смена номенклатуры выпускаемых изделий происходит естественным образом: новые прототипные модели добавляются в «библиотеку» изделий, а не пользующиеся спросом – исключаются из нее, не нарушая общего процесса производства. В результате снимаются жесткие ограничения по времени на эскизное проектированием, что позволяет в максимальной степени учитывать современные тенденции на рынке, всесторонне анализировать разрабатываемые модели изделий, совершенствовать технологию их изготовления. Кроме того, оперативное обновление номенклатуры прототипных моделей позволит предприятию сохранить имеющиеся конкурентные преимущества и объемы прибыли.

Эффективным методом проектирования деталей изделий сложной формы является компьютерное моделирование с использованием конечного множества типовых модулей поверхностей разного функционального назна-

чения [4]. В этом случае маршруты изготовления деталей включают в себя определенные последовательности модулей технологических процессов изготовления разных видов модульных поверхностей (базирующих, рабочих, связующих), рассматриваемых совместно с транспортными, накопительными, контрольно-измерительными и другими типовыми вспомогательными операциями (рис. 2). Методология модульной операционной технологии реализована в современных автоматизированных системах подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, входящих в автоматизированную систему технологической подготовки производства (САМ) [3].

Оборудование с числовым программным управлением (камнеобрабатывающие станки, промышленные роботы, агрегаты для проклейки, смоления каменных блоков и заготовок, аппараты для химической и термической обработки поверхностей плит и др.) является наиболее адаптированным к интеграции в гибкие компьютеризированные производственные системы. Основной вид автоматизированного оборудования – камнеобрабатывающие

станки с ЧПУ, камнеобрабатывающие центры и комплексы с ЧПУ. Последние предназначены для выполнения нескольких видов обработки и в зави-



Канатный алмазно-разрезной 5-координатный станок с ЧПУ Supersag 2000 фирмы «Candiani Attilio&C s.n.c.» (Италия) для профильной обработки сложных изделий из гранита и мрамора



Станок с ЧПУ Hydro-Jet 3020 модульной конструкции для гидроабразивной резки материалов (фирма «Knuth», Германия)

\*Модель, разработанная дизайнером, может получить статус прототипной либо директивно, либо на основании изучения потенциального спроса при экспонировании опытного варианта в торговых салонах (обычно в течение 1–3 мес).



**Рис. 2. Гибкий производственный комплекс на базе высокопроизводительного фрезерно-разрезного станка с ЧПУ Champion 5 фирмы «Prussiani» (Италия):**  
*а* – многоцелевой обрабатывающий центр; *б* – гибкий автоматизированный участок конвейерного типа; *в* – гибкий производственный модуль с загрузочно-разгрузочным столом; *г* – гибкий автоматизированный участок с паллетным накопителем изделий

симости от комплектации позволяют обрабатывать изделия в широком диапазоне сложности – от плоских (столешницы, ступени и пр.) до объемных (балясины, скульптуры и пр.) и длинномерных (карнизы, перила со сложным профилем и т. д.). Ведущими мировыми производителями камнеобрабатывающего оборудования являются Италия и Германия.

Системы с ЧПУ, входящие в состав автоматизированных систем управле-



Токарный станок с ЧПУ Proton класса XXL с большим диаметром обработки (до 1600 мм) и большим межцентровым расстоянием (до 5000 мм) фирмы «Knuth» (Германия)



Вертикальный камнеобрабатывающий центр V2200 фирмы «Ravoni» (Италия) для обработки тел вращения, деталей больших размеров (порталы, арки и пр.), скульптур

ния технологическими процессами (АСУТП) гибкого автоматизированного производства камнеобрабатывающего предприятия, являются проблемно-ориентированными программно-аппаратными комплексами оперативного управления разными видами технологического оборудования на основе заранее подготовленных управляющих программ для изготовления широкой номенклатуры изделий. В связи с этим функциональный анализ систем ЧПУ становится необходимым условием для разработки технических и программных средств модернизации камнеобрабатывающего производства с целью достижения конкурентоспособности выпускаемой продукции [5].

Важным направлением расширения номенклатуры изделий и удовлетворения потребительского спроса является промышленное изготовление сложных изделий из камня по заказам, получившее широкое распространение за рубежом. Однако при организации такого производства существенно изменяются требования к автоматизации дизайнерской и конструкторско-технологической подготовки в связи с необходимостью сочетания промышленных методов производства с индивидуализацией дизайна практически каждого выпускаемого изделия. Особенность автоматизированной художественной и технической подготовки с использованием элементов промышленного производства изделий по заказам потребителей – наличие двух параллельных информационных потоков, характеризующих: 1-й – промышленное про-

изводство изделий (обычно единичное или мелкосерийное); 2-й – выпуск опытных вариантов изделий для расширения номенклатуры моделей и отслеживания тенденций в приоритетах потребителей [3].

Настоящим прорывом в автоматизированной подготовке производства стала разработанная компанией Siemens PLM Software технология синхронного проектирования, позволяющая в десятки раз повысить производительность проектирования [6]. Главная идея заключается в поэлементном моделировании без использования де-



Обрабатывающий центр с ЧПУ INTER-MAC Master 33 Plus («Bimatech», Италия) для производства элементов кухни, внешних фасадов и других сложных изделий из камня



Обрабатывающие центры с ЧПУ X-Mill серии 1000, 1300, 1500, 2000 со сверхширокими прямоугольными направляющими (фирма «Knuth», Германия) для обработки крупных и тяжелых деталей



**Роботизированный технологический комплекс Foundry Plus для изготовления объемных изделий из камня (Eurostone Eng., Italy)**

рева построения модели, являющегося в настоящее время самым распространенным методом проектирования и использующегося в САД-системах SolidWorks, PTC Pro/Engineer и Autodesk, а также во всех отечественных системах автоматизации проектных работ (Компас-3D, T-Flex CAD-3D и др.). Синхронизация процессов подготовки геометрии моделей и правил их построения осуществляется с помощью экспертной системы. Преимущества метода: возможность быстрого редактирования модели; упрощение импорта моделей из других САПР; полный контроль пользователя над параметрами и элементами импортированной и затем сохраненной модели, т. е. возможность возврата к ее редактированию в любое время и замены элементов в любой последовательности, что особенно важно при оформлении заказов.

Применение компьютерных систем автоматизированной подготовки управляющих программ, таких как пакет Fea-

tureCAM компании «Delcam plc» [7], обеспечивает быструю покупку производства изделий по индивидуальным заказам за счет использования всех возможностей современного камнеобрабатывающего оборудования с ЧПУ. В основе системы FeatureCAM

лежит возможность автоматического распознавания типовых элементов твердотельной 3D-модели и автоматической обработки этих элементов с применением заложенной в систему технологической информационной базы, что позволяет свести к минимуму возможные субъективные ошибки при программировании и сократить время подготовки управляющих программ для сложных деталей до нескольких минут [3]. Эта простота в освоении CAD-CAM-система предназначена для технологов, имеющих базовые знания в области механообработки материалов, благодаря чему предприятие освобождается от необходимости иметь штат высококвалифицированных программистов для работы в FeatureCAM, что благотворно сказывается на себестоимости продукции.

Таким образом, первоочередной задачей при внедрении компьютерно-интегрированных камнеобрабатывающих производств является освоение современных систем автоматизирован-

ной разработки геометрических моделей изделий на основе модульного принципа, а также типовых, заданных параметрами модульных технологических процессов и операций обработки деталей на станках с ЧПУ совместно с управлением художественными и техническими проектами. Блочный принцип построения программных приложений позволит реализовать различные функции управления всеми типами станков и гибких производственных модулей с минимальными затратами времени и средств. ■

**Prospects for the development of the Russian stone working sector based on advanced information technologies**  
 Yu. P. Pavlov, E. A. Polyantseva

Reorientation of the stone working sector strategies from production to sales, severe competition of the domestic and world markets have faced the Russian producers with such challenges as the product range diversification, perfection of the consumer properties of products, and sales at competitive prices. Accelerated transition to computer-integrated production may give the renewed impetus to the stone working sector entering a new stage meeting the world market requirements.

**Key words:** natural stone, natural stone product life cycle, modernizing of stone working, classification of stone working equipment, synchronous design technology, flexible automated production, computer-integrated production, modular operation technology, flexible production modules.



*Список литературы = References*

1. *Международная индустрия камня – итоги и перспективы* // Камень и бизнес, 2006. № 3. С. 16–21. = *International stone industry results and prospects* // Kamen i Biznes, 2006. № 3, pp. 16–21 (in Russian).
2. *Виноградов В. Структура современных встраиваемых модульных систем с сетевой архитектурой* // Современные технологии автоматизации. 2008. № 2. С. 6–18. = *V. Vinogradov. The structure of modern integrated modular systems with network architecture* // *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*. 2008. № 2. pp. 6–18 (in Russian).
3. *Павлов Ю. А. Принципы построения систем программного управления камнеобрабатывающим оборудованием: Кн. 1/ Программное управление технологическим оборудованием в гибком автоматизированном камнеобрабатывающем производстве: Учеб. пособие: В 3 кн. М.: Изд-во МГТУ, 2008 = Yu. A. Pavlov. Principles of the design of program control systems for stone working equipment: in the book 1/ Process equipment program control in flexible automated stone working: study guide: in 3 books. M.: MSSU Publishers, 2008 (in Russian).*
4. *Павлов Ю. А., Ткач В. Р. Организация камнеобрабатывающего производства с использованием информационных технологий. М.: ИКФ «Каталог», 2006. = Yu. A. Pavlov, V. R. Tkach. Stone working management on the basis of information technologies. M.: IKF Katalog, 2006 (in Russian).*
5. *Павлов Ю. А. Функциональный анализ систем программного управления технологическим оборудованием: Кн. 2/ Программное управление технологическим оборудованием в гибком автоматизированном камнеобрабатывающем производстве: Учеб. пособие: В 3 кн. М.: Изд-во МГТУ, 2008 = Yu. A. Pavlov. Functional analysis of the process equipment program control systems: in the book 2/ Process equipment program control in flexible automated stone working: study guide: in 3 books. M.: MSSU Publishers, 2008 (in Russian).*
6. *Интегрированная среда проектирования UniGraphics-CAD-CAE-CAM-PLM [Электронная версия]/Siemens PLM Software. 2009. URL:www.ugs.ru (дата обращения: 21.04.2009). = UniGraphics-CAD-CAE-CAM-PLM integrated design environment (soft copy)/Siemens PLM Software. 2009. URL:www.ugs.ru (application date: 21/04/2009) (in Russian).*
7. *Галкин В. FeatureCAM – эффективное решение для многозадачных станков с ЧПУ//САПР и графика. 2008. № 6. С. 85–87. = V. Galkin. Feature CAM – the efficient solution for multitask CNC machines // SAPR I Grapika. 2008. № 6, pp. 85–87 (in Russian).*