

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО  
ПРОИЗВОДСТВА И ЗАДАЧИ ЕГО НАУЧНОГО  
И КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Семинар № 21**

---

**В** последнее десятилетие определилась основная тенденция развития мировой индустрии природного камня, характеризуемая переходом к инновационному этапу ее модернизации. Об этом свидетельствуют статистические данные, а также долгосрочный прогноз развития отрасли на период до 2030 г. [2, 3]. На рис. 1 показаны графики, построенные на основании этих данных.

Для современной камнеобрабатывающей промышленности в ведущих для данной отрасли странах – производителях готовой продукции (Италии, Китае, Испании, Бразилии, Индии и Турции) характерны следующие признаки:

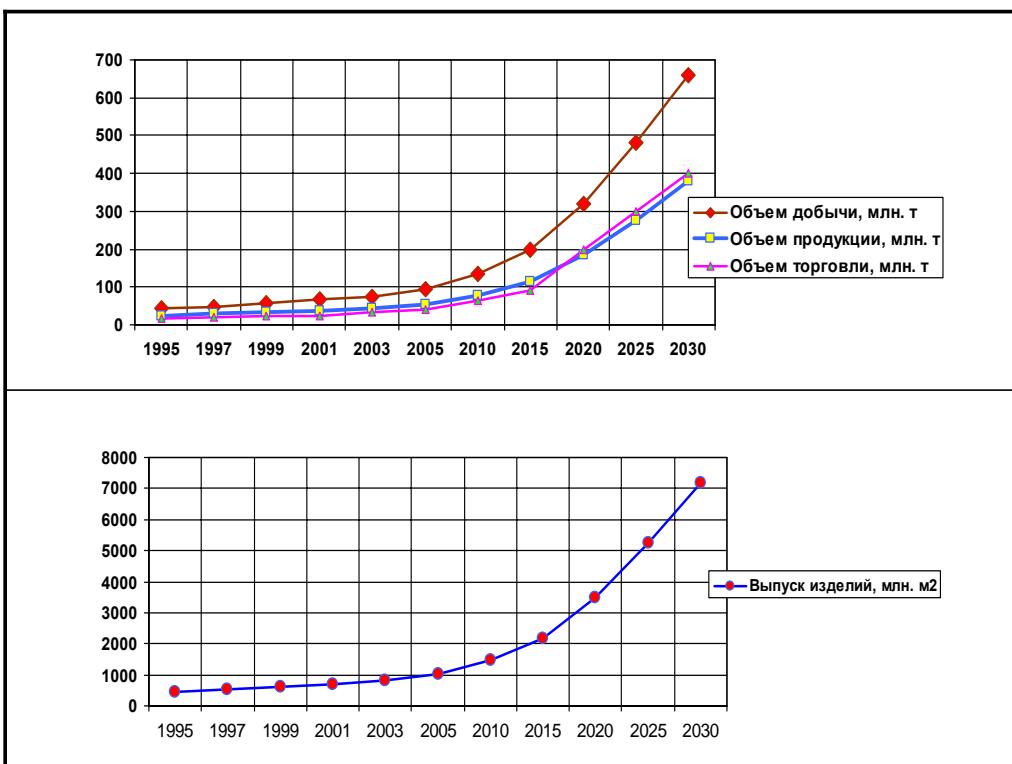
- непрерывное расширение номенклатуры изделий и используемых типов камней;
- улучшение дизайна, усложнение конструкции и повышение качества выпускаемых изделий;
- создание и внедрение новых эффективных производственных технологий на базе высокопроизводительного автоматизированного оборудования;
- интеграция с камнедобывающими предприятиями, с разработчиками и поставщиками технологического оборудования, оснастки и инструмента, а также с основными потребителями каменной продукции.

Эти же страны, а также Иран являются лидирующими по объему до-

бычи блоков природного камня. Однако по объему потребления изделий из природного камня распределение ведущих стран несколько иной: Китай, США, Италия, Индия, Испания, Германия и Южная Корея вместе потребляют более 52% мировой продукции камнеобработки. В мировом производстве оборудования и инструмента ведущее место занимает Италия, затем следуют такие страны, как США, Германия, Япония, Испания, Швейцария и Китай, которые совместно обеспечивают более 72 % объема экспорта технологических средств мировой добычи, обработки и переработки природного камня.

Глобализация камнедобывающей и обрабатывающей индустрии неизбежно связана с международной специализацией и становлением мирового рынка камней, продукции камнеобработки и технологического оборудования, а также с формированием инфраструктуры камнеобрабатывающей отрасли (создание мировой транспортной и складской системы, маркетинговой и сервисных служб, разработка международных стандартов и т.д.).

Российская добыча и обработка природного камня в настоящее время по всем показателям практически не влияет на мировую камнеобрабатывающую индустрию. Причинами отставания отечественной промышленности в сравнении с её уровнем развития в



**Рис. 1. Основные показатели мирового развития добычи и обработки природного камня**

ведущих для данной отрасли странах мира являются:

- низкая освоенность минерально-сырьевой базы добычи облицовочного камня, составляющая менее 40 % от баланса разведанных запасов;

- ограниченная номенклатура добываемого природного камня (всего действуют 70–80 карьеров блочного камня, в то время как номенклатуру горных пород в Италии представляют 482 месторождения, во Франции – 192, в Германии – 163, в Греции – 126, в Австрии – 122, в Швеции – 114 и т.д.);

- несоответствие большинства разведанных месторождений блочного камня современным требованиям по потребительским свойствам (47 % всех месторождений представлены камнем серых оттенков, в то время

как на черные цвета приходится 4,8 %, на красные – 2,4 %, на белые мраморы – около 2 % при отсутствии белых и цветных гранитов, лабрадоритов и других облицовочных камней повышенного спроса);

- ограниченная производственная мощность камнедобывающих и обрабатывающих предприятий (всего 125 предприятий с общим машинным парком в 1600 единиц, в том числе 600 – горнодобывающего и 1000 - камнеобрабатывающего оборудования);

- низкий средний уровень выхода изделий из 1 м<sup>3</sup> блочного сырья, не превышающий 45 % (20-22 м<sup>2</sup> в пересчете на плиту толщиной 20 мм), в то время как средний мировой выход изделий достигает 27 - 29 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, т.е. 55 - 59 %;

- низкая загрузка основного оборудования (45-50 %) и средняя годовая выработка на одного производственного рабочего в год (в среднем 256 м<sup>2</sup>, в то время как во Франции – 1530 м<sup>2</sup>, в Испании – 1207 м<sup>2</sup>, в Италии – 1100 м<sup>2</sup>);

- высокая себестоимость добычи блоков, которая в среднем составляет 38 - 65 у.е./м<sup>3</sup>, а себестоимость изготовления изделий (плит полированных толщиной 20 мм) – 5,5 – 55 у.е./м<sup>2</sup>, т.е. с учетом высоких налогов приближается к нижнему пределу средних экспортных цен на обработанный камень, поставляемый ведущими странами Европы (57 – 184 евро/м<sup>2</sup>), и равняется или даже превосходит экспортные цены на обработанный камень в Китае (12,5 - 62 дол/м<sup>2</sup>);

- слабая производственная база по выпуску современного карьерного и камнеобрабатывающего оборудования, отсутствие производства многих видов станков, особенно для изготовления сложных изделий из камня.

В то же время отечественная промышленность добычи и обработки камня имеет большие потенциальные возможности и достижения в развитии и модернизации за последние годы:

- практически неограниченные минерально-сырьевые ресурсы, имеющиеся на 169 месторождениях природного камня с общим объемом 0,6 млрд. м<sup>3</sup>, т.е. с потенциальной обеспеченностью запасами при существующем уровне добычи на период свыше 900 лет;

- большой исторический опыт добычи, обработки и применения природного камня не только в архитектуре и строительстве, но и в мемориальном и декоративно-прикладном искусстве и в быту;

- улучшение структуры действующих предприятий, из которых 65, т.е. более половины, являются комплексными типа "карьер- завод", а 45 (36 %) – камне-

обрабатывающими заводами с производственной мощностью от 1 - 2 тыс. м<sup>2</sup> до 500 - 700 тыс. м<sup>2</sup> изделий в год, и только 15 предприятий, т.е. 12%, остаются горнодобывающими;

- модернизация парка добывающего и камнеобрабатывающего оборудования за счет импорта из ведущих стран-производителей, в частности из Италии, при этом общее количество современного технологического оборудования (срок действия до 5 лет) на предприятиях отрасли выросло до 150 единиц (15 % парка);

- освоение производства импортозаменяющего абразивно-алмазного инструмента практически всех типов и некоторых моделей камнеобрабатывающих станков на предприятиях разных отраслей промышленности;

- формирование отечественной научной школы технологии добычи и обработки камня, организации камнеобрабатывающих производств, а также подготовки квалифицированных специалистов для предприятий отрасли;

- начальные шаги по становлению самостоятельной камнеобрабатывающей отрасли промышленности посредством консолидации предприятий и организаций на основе создания холдинговых компаний, региональных ассоциаций и развития элементов собственной инфраструктуры.

Тем не менее, в отечественной камнеобработке, как и в большинстве обрабатывающих отраслей промышленности, конкурентоспособность предприятий остается на низком уровне, импорт сырья и продукции имеет все больший удельный вес, а собственное производство растет медленнее, чем в ведущих для этих отраслей странах мира. Чтобы не отставать от среднего мирового уровня развития, объемы добычи блоков природного камня и изготовление из них изделий должно непрерывно увеличиваться в среднем на

7,5–8 % в год. Такие темпы в перспективе до 2030 г. обеспечиваются, прежде всего, за счет динамичного развития этой отрасли промышленности в азиатских странах: в Китае, Индии, а также в Иране, Турции, Египте, Бразилии и других странах. В условиях российской экономики решить эту проблему можно только посредством перехода к интенсивному типу развития за счет ускоренной реконструкции предприятий, обновления устаревших фондов, освоения новых технологий, эффективных методов организации и управления производством. Осуществлять все это требуется в короткие сроки с минимальными инвестициями и наилучшими результатами в отношении эффективности производства, повышения качества продукции, гибкости освоения новых конкурентоспособных изделий.

Системным методом достижения поставленных задач неизбежно становится организация гибких высокотехнологичных и комплексно автоматизированных камнеобрабатывающих производств. Современный этап развития таких производств обеспечивается информационными средствами и связан с компьютерной интеграцией управления и информационной поддержки всех стадий жизненного цикла выпускаемой продукции, т.е. с CALS-технологией. Основой данной информационной технологии является компьютерная модель изделия, описание функциональных и физических параметров которой выполнено на основе международных стандартов обмена данными о промышленной продукции. Таким образом, создание единого информационного пространства гибкого компьютерно-интегрированного камнеобрабатывающего производства (КИП), а также возможность включения в эту среду соисполнителей, поставщиков, сбытовиков и пользователей становится актуальной проблемой развития отрасли [4].

Системный и комплексный подход к организации КИП требует формирования модели современного камнеобрабатывающего предприятия. Структурная модель обрабатывающего предприятия обычно представляется в виде пирамиды с несколькими иерархическими уровнями бизнес-процессов, каждый из которых определяется соответствующими информационными моделями объектов производства, характеризуемыми степенью обобщения свойств выпускаемой продукции (изделий) в направлении вертикальной оси пирамиды (ось  $Z$ ) [1].

Основанием пирамиды, т.е. её нижним уровнем, является собственно производство, обеспечивающее выпуск продукции предприятия. Необходимое для производства технологическое оборудование - основное и вспомогательное (транспортное, погрузочно-разгрузочное, измерительное и т.д.), размещается определенным образом на площади этого основания и имеет соответствующие его степени автоматизации системы управления. Первой системной характеристикой производства, отражаемой на структурной модели, является его степень сложности, которая определяется количеством компонентов – единиц оборудования, технологической оснастки, инструмента и устройств управления. Эта характеристика отображается вдоль оси  $X$ , которая направлена вдоль горизонтального ребра основания пирамиды. В направлении перпендикулярного ей другого ребра основания пирамиды расположена ось  $Y$ , вдоль которой задается характеристика требуемых материальных и энергетических ресурсов для данного производства. По диагональной оси  $U$  основания пирамиды задается стоимостная характеристика, связанная с производственными затратами. Можно задавать и другие системные характеристики производства (например, степень

автоматизации или гибкости) в направлении разных диагоналей (*V*, *W*) в основании многогранной пирамиды.

Следующим уровнем сечения пирамидальной модели бизнес-процессов является система конструкторско-технологической подготовки производства. В гибком компьютерно-интегрированном производстве этот уровень образуют системы САПР-АСТПП. Для камнеобрабатывающего производства характерно сильное влияние на конкурентоспособность эстетического качества изделий. Поэтому в САПР здесь включено не только техническое, но и художественное проектирование (системы ART-CAD-CAM) [3]. Учитывая сложность априорного моделирования процессов обработки природного камня из-за неоднородности его физико-технических и технологических свойств данный уровень бизнес-процессов должен дополняться системой научных исследований и испытаний, которая также автоматизирована (АСНИ).

Новому этапу развития камнеобработки соответствует принципиально новая технологическая среда гибких КИП, включающая в себя объекты и процессы производства, а также системы его технологической подготовки, построенные по модульному принципу [4].

Вышестоящим уровнем структурной модели КИП является автоматизированная система управления проектными данными (PDM). На этом уровне формируется полная математическая модель каждого изделия для всех стадий его жизненного цикла совместно с технологиями его изготовления, обслуживания, ремонта и утилизации. Совокупность таких моделей, заданных в параметрическом виде, образует единое информационное пространство современного гибкого компьютерно-интегрированного производства.

На следующем уровне бизнес-процессов предприятия осуществляется управление жизненным циклов производства продукции в целом, реализуемое с помощью автоматизированной системы PLM. Организационно-технологические задачи оперативного управления производством выполняет автоматизированная система управления технологическими процессами АСУТП контролируют и используют оперативно полученные данные об оборудовании и процессах для учета и управления производством. Для выполнения диспетчерских функций и разработки программного обеспечения с учетом диагностических данных в состав АСУТП вводят человеко-машинную (супервизорную) систему контроля и диагностики технологических процессов (SCADA).

Верхним уровнем пирамидальной модели КИП является автоматизированная система управления предприятием (АСУП), разделенная на систему материально-технического планирования производства – MRP и систему автоматизированного управления предприятиями – ERP. Функцией ERP является стратегическое планирование, маркетинг, финансовое и кадровое управление предприятием. Информацию о состоянии производства продукции ERP получает от системы PDM/PLM. Планирование перспектив его развития выполняется также на основе данных, которые получены от внешних источников - предприятий, поставляющих материалы, оборудование и комплектующие, сбытовых и посреднических организаций, инвесторов и заказчиков продукции. Таким образом, передача информации имеет двухстороннюю направленность вдоль вертикальной оси. При этом риск от неточности полученной информации возрастает от нижнего иерархического уровня бизнес-процессов к верхнему его уровню.

Главным принципом структурной организации современного комплексно автоматизированного производства становится гармонизация всех уровней его бизнес-процессов. Требуемые ресурсы, инвестиции, количество компонентов, степень детализации, уровень обобщения моделей объектов и процессов на различных уровнях должны быть не просто достаточными, но и сбалансированными. Типичным примером дисбаланса структуры камнеобрабатывающего предприятия является недостаточное развитие уровня технологической подготовки производства. Из-за отсутствия моделирования и оптимизации технологических операций, выполняемых на станках с ЧПУ, на нижнем производственном уровне операторы вынуждены самостоятельно решать многие задачи программирования станков непосредственно на рабочем месте. Это неизбежно приводит к росту затрат на производство из-за возможного брака продукции, неэффективному использованию и даже поломке инструмента и оборудования.

Другим примером несбалансированности бизнес-процессов на многих предприятиях обрабатывающих отраслей стала неразвитость уровня организационно-технологического управления производством, т.е. всеми стадиями его жизненного цикла из-за отсутствия современной PLM-системы. Это приводит к естественным противоречиям и конфликтам служб оперативного планирования, диспетчерского управления и обслуживания технологических комплексов, к потерям времени, т.е. к снижению эффективности производства.

Следовательно, оптимизация структурной многоуровневой модели предприятия, пропорциональное развитие, оперативная связь и взаимодействие разных уровней его бизнес-процессов становится важнейшим условием модернизации производства при расту-

щей конкуренции. Провести оптимизацию структурной модели действующего предприятия не просто, т.к. она затрагивает не только технические и технологические, но и информационные и организационно-экономические проблемы. Наиболее целесообразным в этом случае является имитационное моделирование, выполненное на базе учебно-научных центров, проектных институтов, экспериментально-исследовательских лабораторий, производственно-внедренческих полигонов, инженерно-консалтинговых фирм или инновационных технологических парков. Важно, чтобы любая из этих организаций имела те же структурные подразделения, что и промышленное предприятие, для которого выполняется проект реконструкции (рис. 2).

Среди перечисленных на рисунке систем отраслевого УНЦ, следует выделить две средние: автоматизированного проектирования и подготовки производства; управления жизненным циклом изделий и производств. Реализация этих систем требует использования программного комплекса ART-CAD-CAM-PDM/PLM [4, 5]. Важным для разработки проектов здесь становится не только выбор наиболее эффективных программных средств, но и их интеграция посредством разработки стратегии проектирования, единой базы данных и использования идентичных файловых форматов, а также обучение специалистов-пользователей.

В качестве полигона для экспериментальной отработки параметров выполняемых проектов (нижнего уровня структурной схемы) должны использоваться как собственное технологическое оборудование УНЦ (лучше всего многоцелевого назначения), дополнительно оснащенное автоматизированными измерительными средствами для исследования, так и оборудование других технических центров или самих



*Рис. 2. Структурные модели гибкого компьютерно-интегрированного камнеобрабатывающего предприятия и отраслевого учебно-научного центра*

предприятий. Этому способствует новая форма организации корпоративных предприятий так называемого "виртуального" типа [5].

На верхнем уровне иерархической структурной схемы УНЦ должны использоваться современные программные комплексы типа ERP (например, отечественная система "1С: Предприятие"). С помощью этой системы разрабатываются типовые процессы управления эффективных промышленных производств (в имитационном режиме), а также осуществляется управление проектами в УНЦ.

Базой УНЦ для камнеобрабатывающего и смежного с ним гранильного и ювелирного производств должен стать комплекс учебно-научных лабораторий кафедры ТХОМ Московского государственного горного университета.

#### *Выводы*

1. Достижение конкурентоспособности отечественной камнеобрабатывающей отрасли возможно посредством его интеллектуализации, т.е. создания гибких автоматизированных и ком-

пьютерно-интегрированных производств (КИП).

2. Наиболее актуальными научными и практическими задачами реализации концепции КИП в камнеобработке стали в настоящее время средние уровни его структурной схемы, т.е. системы дизайна и технической подготовки производства изделий (САПР-АСТПГ), а также организационно-технологического управления технологическими процессами (АСУТП).

3. Создание АСУТП в камнеобрабатывающем производстве должно базироваться на принципах CALS-технологий, программных комплексах PDM/PLM и современных средствах компьютерной автоматизации производственных и технологических процессов.

4. Подготовку специалистов разных уровней квалификации для камнеобрабатывающего и смежного с ним производств необходимо осуществлять на базе учебно-научного центра, моделирующего многоуровневую структуру КИП, и соответствующего методического обеспечения.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бирбраер Р.А., Альтшулер И.Г. Основы инженерного консалтинга: Технология, экономика, организация, 2-е изд.— М.: Дело, 2007, 232 с.
2. Волуев И.В. Энциклопедия камня. Том 1. Происхождение, добыча и применение облицовочного, ювелирного и ювелирно-поделочного камня. — М.: Авторское издание, 2006, 720 с.
3. Международная индустрия камня - итоги и перспективы // Камень и бизнес, №3, 2006, с. 16-21
4. Павлов Ю.А., Ткач В.Р. Организация камнеобрабатывающего производства с использованием информационных технологий. — М.: ИКФ "Каталог", 2006, 358 с.
5. Павлов Ю.А. Теория и практика автоматизированного проектирования объектов и процессов гибкого камнеобрабатывающего производства. Диссертация. — М.: МГГУ, 2007, 303 с. ГИАБ

#### *Коротко об авторах –*

Павлов Ю.А. – профессор кафедры ТХОМ, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 21 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.И. Морозов.