

## Реконфигурируемые научно-производственные цепи и менеджмент научно-производственной цепи технической керамики

*Данная работа посвящено исследованию возможностей построения стратегии управления технологическим развитием предприятия или отдельной отрасли основанном на воздействии на элементы научно-производственной цепи данной отрасли или технологии. Данная работа не направлена на исследование современных практик и стандартов управления производственным процессом, таких как ISO-9000, GMP, GLP, GCP, MRP II, APICS и др.*

*Цель: нахождение нестандартных методик управление компанией разрабатывающей новые материалы (на примере технической керамики).*

*Новизна: предлагаемые подходы представляют собой относительно новый класс методов управления научно-производственной цепью предприятия или отрасли. Данный метод основан на исследовании возможностей сегментации производственных цепей и варьирования их элементов для достижения оптимальных научно-производственных стратегий.*

*Литература в данной области представлена такими направлениями как менеджмент и стратегии развития технологий на базе керамики [14, 15], сравнительными кейс-исследованиями различных технологий керамики и их применений в различных отраслях [1–3].*

**Ключевые слова:** техническая керамика, научно производственная цепь, минимизация затрат, био-керамика, добыча полезных ископаемых.

### Введение

Внедрение новых материалов, как и все виды инноваций<sup>1</sup>, имеют ряд особенностей. Главная из них непрерывная систематизация полученных данных и взаимодействие с потенциальными областями применения и отраслями — потребителями новых материалов. В последнее время наблюдается всплеск применения новых материалов на базе керамики. Он стал возможным благодаря появлению более мощных информационных систем, позволяющих подбирать и моделировать компоненты с подходящими свойствами, что значительно ускорило процессы получения и внедрения новых материалов. Кроме того прогресс в области поиска новых материалов стал результатом определенного торможения развития других типов инноваций и технологий. Последнее привело к аккумуляции ресурсов в областях, связанных с развитием новых материалов.

На рис. 1 показаны примеры ревизии научных работ под воздействием новых открытий в смежных областях. Такое явление стало все чаще проявляться, начиная с начала XXI века.

Данная ревизия стала во многом результатом еще и созданием более систематизированных систем поиска, моделирования, анализа и обмена данными между

<sup>1</sup> В данном случае вводится классификация по типу инноваций — топологические, материальные, процессные.



**А. А. Заболотский,**  
к. э. н., н. с., Институт экономики  
и организации промышленного  
производства СО РАН  
ieie@inbox.ru

различными научными направлениями в поиске новых материалов и соединений. В условиях торможения научного прогресса это получило особую актуальность. Так как усиление взаимодействия между многими комплементарными направлениями научного развития должно дать новый импульс развитию технологий. Такие ревизии произошли в разных отраслях — как военных, так и гражданских и будут происходить в ближайшем будущем во многих других отраслях и технологиях.

Керамика как новый материал получила широкое распространение в последние годы почти во всех отраслях и технологиях, что нашло отображение во многих документах и стратегиях

Примеры приоритетов до 2020 г. в области передовой керамики [14]: гибкая керамика, сверхжаростойкая керамика, трибологические покрытия, бронекерамика, биокерамика и другие направления.

### Реструктуризация НЭВЗ и возможности разработки реконфигурируемой НПЦ

Развитие технологий связанных с новыми материалами, такими как керамика может иметь свои сложности. Дело в том, что отрасли, потребляющие продукцию на базе технической керамики такие как электроника, медицина, военная промышленность имеют структуру научно-производственных цепей в которые очень сложно интегрироваться новым про-



Рис. 1. Схемы, описывающие пересмотр исследований новых материалов на основе керамики

Источник: составлено автором

изготовителям материалов. В России эти сегменты практически отсутствуют, а иностранные цепи создали очень высокие барьеры для интеграции. С такими проблемами столкнулось Новосибирское предприятие — НЭВЗ. Главной стратегией руководство выбрало диверсификацию по всем наиболее перспективным и быстрорастущим направлениям в мире, такими как подложки для электронных компонент, протезы, бронекерамика. Однако не были учтены особенности функционирования производственных цепей для данных технологий, что привело к проблемам в сбыте продукции и выходе на рынок.

Не были учтены такие составляющие, как стандарты клинических испытаний, низкая себестоимость продукции компаний конкурентов, отсутствие каналов сбыта через смежные сектора. Такого рода каналы сбыта создаются путем приобретения смежных производств с выходом конечной продукции на рынок. Так, например, если компания производит керамические конденсаторы для конечной продукции, то она может приобрести одного из производителей этой продукции (платы, электронные устройства) для выхода на рынок с этой конечной продукцией. Либо компания — производитель протезов приобретает хирургическую клинику, где после получения сертификатов об испытаниях реализует свою продукцию. Понятно, что в таком случае приобретение компании ради маркетингового хода очень затратное мероприятие, однако для производителей промежуточной продукции это может быть единственным выходом на рынок в условиях существующих барьеров и конкуренции. Такие же проблемы имеет Новосибирская компания «Лиотех», которая помимо проблем с прозрачностью совершаемых сделок по слиянию, не смогла найти выход на внешние рынки. Аналогичная проблема постигла компанию Corning (США) в 1971 г., когда та не смогла найти нишу для своих керамических обтекателей [18]. Компания совершила ошибку решив инициировать

спрос предложив новую инновационную продукцию без учета интересов потребителей. Если такое возможно при работе с готовой конечной продукцией, то такая модель не приемлема для промежуточных стадий.

### Решение по оптимизации научно-производственных цепей

Предлагаемое в данной статье решение по оптимизации научно-производственных цепей могло бы найти свое применение в адаптации предприятий — производителей новых материалов, для нужд тяжелой промышленности, нефтехимического и нефтегазового сектора, аэрокосмической отрасли. На данный момент существуют наборы стандартных решений по оптимизации затрат по производству технической керамики, однако они сводятся к достаточно общим и не всегда подходящим решениям.

Примеры способов оптимизации производства технической керамики:

1. Использование более дешевых порошков/прекурсоров. Монолитные керамики обычно изготавливают путем прессования порошков или смесей порошков и других материалов и последующего обжига их при высокой температуре.
2. Масштабирование производства. Расширение производства является важным шагом в снижении стоимости. Реализация масштабов предполагает высокую стоимость и первоначально высокие затраты.
3. Увеличение степени автоматизации. Автоматизация процесса изготовления может резко сократить расходы. Однако в настоящее время автоматизация мало интегрирована в изготовление композитной и монолитной керамики. Проблема состоит в организации процесса проверки изделия. Автоматизация такого процесса трудна и дорога, но это может быть экономически обоснованным при больших масштабах. Примером является автоматизированное производство керамических свечей зажигания, изоляторов.
4. Снижение себестоимости конечной обработки. Монолитная керамика обычно требует алмазных шлифовальных работ для достижения окончательной формы и размеров. Шлифовальные операции обходятся дороже всех других производственных этапов.
5. Диверсификация или аккумуляция производственной цепи или отдельных ее элементов — методы, которые предполагается рассмотреть в данном исследовании.

Под аккумуляцией понимается разработка общих научно-производственных цепей для различных технологий и отраслей с наибольшим числом эквивалентных элементов и нахождение наиболее перспективных и широких ниш применений для технологий на базе технической керамики.

В данном случае подходит последний вариант, а именно одна из концепций регулирования производственной цепи путем создания ее реконфигурируемой базы. Исследования поддерживающие такой подход появились недавно и получили распространение в

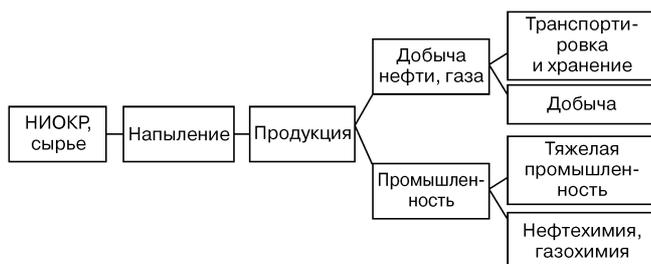


Рис. 2. Относительно хорошо реконфигурируемая цепь



Рис. 3. Относительно плохо реконфигурируемая цепь

связи с необходимостью оптимизации расходов и оптимизации функционирования производственных цепей [17].

В данном случае под реконфигурируемостью следует понимать возможность относительно быстрой перенастройки научно-производственной цепи предприятия на другой рынок. Поэтому можно разделить цепи на реконфигурируемые и не реконфигурируемые. Реконфигурируемость можно разбить также на стадии: реконфигурируемость научной платформы, производственных мощностей (цепей) и маркетинговых систем.

Понятие реконфигурируемости научно-производственной цепи относительно и поэтому возможно введение ранговой шкалы для оценки степени реконфигурируемости.

Пример таких реконфигурируемых цепей показан на рис. 2 и 3.

Как видно из рис. 2 и 3 научно-производственная цепь по керамическим напылениям более реконфигурируема на различных потребителей, чем например, протезы, которые можно использовать лишь для медицинских целей протезирования и имплантации. Особенно важным является элемент НИОКР. Если компания расширяет свою цепь и создает элементы НИОКР, то при наличии разно направленных стратегий приведет к резкому росту высоко рискованных затрат.

### Возможности адаптации реконфигурируемой цепи на примере нефтехимического сектора

Научно-производственная цепь технической керамики схематически представлена на рис. 4. Данное представление является сильным упрощением, однако позволяет наглядно представить процесс получения готовой инновационной продукции и нахождения новых решений по варьированию элементов этой цепи для оптимизации научно-производственного процесса.

Ввиду явного преимущества керамики перед рядом классических материалов, таких как пластики и металлы при эксплуатации в экстремальных условиях — высоких и низких температурах, давле-

ниях, агрессивных средах, керамика может получить серьезное распространение в данном сегменте. В данном сегменте нефтехимической промышленности (GTL-технологии) для отделения различных газов и компонент используются керамические мембраны. Данная компонента является зависимой от других технологий, однако является достаточно универсальным инструментом для применения в различных отраслях и технологиях, что делает возможность конверсии производства достаточно мало затратным и быстрым. Данная технология развивалась достаточно давно, однако технологические сложности и огромные инвестиционные барьеры (начальные инвестиции от \$1 млрд до \$50 млрд при окупаемости в 20–30 лет) делали данную технологию не привлекательной для частного бизнеса. Даже в наше время, когда разрыв цен на нефть и газ значителен, тем не менее целесообразность применения данной технологии конвертации газа в топливо находится под вопросом (табл. 1). Однако данные схемы (рис. 3 и 4) являются примерной иллюстрацией того как можно варьировать применение технологий на различных этапах единой производственной цепи для минимизации затрат, нахождения оптимальных производственных ниш и рынков сбыта.

Затраты по производству синтетического топлива (на баррель) зависят от применяемой технологии и материалов. Заменяемым элементом цепи является 3-я стадия, на которой классическая технология может быть заменена на реактор на базе керамики.

Приведенные затраты при применении керамики показали значительное снижение себестоимости синтетического топлива. Данные оценки были сделаны на базе технико-экономического обоснования для производственных мощностей на базе различных технологий и поэтому цены могут быть скорректированы с учетом иных условий и новых затрат, которые в случае применения керамических мембран могут быть на 20–30% ниже. Возможное расширение диапазона применения керамики в нефтехимическом секторе могло бы снизить затраты еще значительно. Но замена всех производственных единиц единой производственной цепи сразу невозможна. Поэтому можно предложить вариант временной замены некоторых этапов изделиями на



Рис. 4. Научно-производственная цепь технической керамики [16]

Технологии и стоимость производства 1 барреля синтетической нефти (EXXON AGC21, керамических мембран)

| Компания/технология                 | Стадия               | Затраты на баррель получаемого топлива |
|-------------------------------------|----------------------|--|
| Базовая технология                  | Получение кислорода  | 4,5 \$/bbl                             |
|                                     | Получение синтезгаза | 10,20 \$/bbl                           |
|                                     | ФТ процесс           | 8,50 \$/bbl                            |
|                                     | Получение продукции  | 6,10 \$                                |
|                                     | Итого                | 29,3 \$/bbl                            |
| Exxon AGC – 21                      | Получение кислорода  | 4,1 \$/bbl                             |
|                                     | Получение синтезгаза | 4,6 \$/bbl                             |
|                                     | ФТ процесс           | 5,7 \$/bbl                             |
|                                     | Получение продукции  | 6,10 \$/bbl                            |
|                                     | Итого                | 20,5 \$/bbl                            |
| Технология от Sasol                 | Получение кислорода  | 2,07 \$/bbl                            |
|                                     | Получение синтезгаза | 6,9 \$/bbl                             |
|                                     | ФТ процесс           | 8,5 \$/bb                              |
|                                     | Получение продукции  | 4,6 \$/bb                              |
|                                     | Итого                | 22,07 \$/bbl                           |
| Технология керамических мембран DOE | Получение кислорода  | 0 \$/bbl                               |
|                                     | Получение синтезгаза | 4,5 \$/bbl                             |
|                                     | ФТ процесс           | 8,5/bbl                                |
|                                     | Получение продукции  | 6/bbl                                  |
|                                     | Итого                | 19 \$/bbl                              |

Источник: [1, 2]

базе нано керамики, что могло бы дать более точные данные об эффективности использования технической керамики в данной производственной цепи.

Из приведенных схем видно, что многие стадии преобразования газа в дистилляты схожи в различных стадиях производственных цепей, что делает возможным замещение эквивалентных фаз аналогичными технологиями в том числе и на базе керамики. Такого рода замещения отдельных фаз получения продукции возможны во многих технологиях и отраслях.

Другие применения керамики в нефтегазовом секторе можно представить в виде нескольких технологий

1. Керамические реакторы или котлы [15].
2. Керамические фильтры для сепарации нефтяных, газовых и нефтехимических продуктов [3].
3. Керамические элементы буровых установок, наконечников для подводного бурения [4].
4. Покрытия, напыления [5] для аэрокосмической, химической и нефтехимической промышленности [6].

Данное представление необходимо для разработки стратегии создания единой производственной цепи ориентированной на несколько отраслей и технологий.

При создании единой производственной цепи следует исходить из нескольких критериев определения направлений производства – широта охвата применений, возможность быстрого переориентации производства, зависимость от других технологий и влияние на другие технологии и объем реализации.

Выше перечисленные направления как раз отвечают данным критериям в наибольшей степени.

На рис. 3 была показана научно-производственная цепь по созданию продукции технической керамики. Если компания пытается охватить слишком разнонаправленные производства, такие как броня керамика и протезы, то необходимо создавать различные производственные цепи для каждой технологии, однако в нашем случае при выборе, например производства фильтров охватывается большее число рынков сбыта при том что основные стадии производства едины.

#### **Поиск реконфигурируемых цепей методом анализа схожих элементов научно-производственной цепи**

В табл. 2 показаны применения керамики в наиболее классических технологиях, а также число применений технологий на базе керамики в данных технологиях. В табл. 2 предлагается оценить реконфигурируемость по числу применений данной технологии на базе керамики для конечных групп товаров. Чем больше таких применений, тем более широкой степенью реконфигурируемости обладает научно-производственная цепь.

Как видно из табл. 2 наиболее широко охватываемыми направлениями являются технологии керамики, связанные с производством фильтров, подложек и напылений. При этом цена производственных мощностей аналогична другим направлениям, зависимость от других технологий по сравнению с другими

Применение керамики в наиболее классических технологиях

| Применения, число    | Бронекерамика          |     | Подложки/платы   |       | Имплантанты        |      | Сопла     |      | Фильтры [7]     |      | Напыления              |       |
|----------------------|------------------------|-----|------------------|-------|--------------------|------|-----------|------|-----------------|------|------------------------|-------|
|                      | Всего                  | 620 | Всего            | 22252 | Всего              | 2067 | Всего     | 3668 | Всего           | 9990 | Всего                  | 24127 |
|                      | Танки                  | 117 | СВЧ-схемы        | 4172  | Хирургия           | 252  | Космос    | 1458 | Нефть           | 2010 | Космос                 | 6804  |
|                      | Вертолеты              | 59  | Процессоры, чипы | 4618  | Стоматология       | 783  | Атмосфера | 2260 | Газ             | 6907 | Энергетика             | 2763  |
|                      | Солдаты                | 22  |                  |       |                    |      |           |      | Фармакология    | 262  | Нефть                  | 2809  |
|                      |                        |     |                  |       |                    |      |           |      |                 |      | Газ                    | 4533  |
| Объем рынка, \$ млрд | 19,4 (прогноз 2022 г.) |     |                  |       | 3,2 (2018 г.) [10] |      |           |      | 2,278 (2011 г.) |      | 1,2 (2012 г.) [10, 11] |       |

направлениями технической керамики невысокая, а широта диапазона применения очень широка, что позволяет построить стратеги широкого охвата ниш и, соответственно, повысить вероятность нахождения наиболее перспективных применений продукции на базе данной технологии.

Другой проблемой является зависимость технологий друг от друга на различных участках цепи, поэтому при реконфигурировании такой цепи возникает необходимость анализа таких зависимостей (табл. 3, 4). Если направление технологий является перспективным, то необходим анализ побочных параметров данного направления и оценка соответствующего потенциала предприятия.

Данные табл. 3 и 4 позволяют выявить такие критерии, как взаимное влияние компонент на базе керамики на готовый продукт. Такая система оценки позволяет выявить место и значение элемента в общей научно-производственной цепи. Последнее является ключевым по важности при определении стратегии поведения компании производителя.

Предварительный анализ показал, что наиболее перспективными с точки зрения гибкости научно-производственной цепи являются производства фильтров, напылений и котлов. Однако данные табл. 5 показывают, что независимых направлений и технологий в области технической (передовой) керамики практически нет. Исключение – имплантанты. Более того у данных направлений имеются свои отличительные особенности выхода на рынок.

На основании проведенного анализа с помощью формулы Кобба–Дугласа можно составить формулу потенциала роста для производителей материалов:

$$\sum_{x=0}^n M(x) + \sum_{y=0}^m T(y) + \sum_{z=0}^k I(z) = \sum_{f=0}^l S(n) = Am Lm^{am} Km^{bm} + At Lt^{at} Kt^{bt} + Ai Li^{ai} Ki^{bi} = As L^{as} K^{bs}, \quad (1)$$

где  $M$  – производственная функция для материалов; переменные  $x$  – переменные для номенклатуры из различных видов конкурирующих друг с другом материалов (керамики, металлов, пластика, стекла);  $T$ ,

Таблица 3

Аэрокосмическая и электронная промышленность: оценка влияния других технологий на продукцию на базе керамики при производстве готового конечного продукта

| Аэрокосмическая промышленность [12]                           | Зависимость от других технологий | Влияние на другие технологии | Электронная промышленность [12]   | Зависимость от других технологий | Влияние на другие технологии |
|---|----------------------------------|------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------|
| Измерительные приборы   | Сильная                          | Слабая                       | Изоляторы, проводники, волноводы и другие компоненты для различных типов лазеров, в том числе: эксимерных, твердотельных, гелий-неоновых, аргоновых и т. д. | Сильная                          | Слабая                       |
| Системы управления  | Сильная                          | Слабая                       | Лазерные диоды большой мощности   | Сильная                          | Слабая                       |
| Сборка двигателя  | Сильная                          | Слабая                       | Распределители тепла  | Сильная                          | Слабая                       |
| Реконструкция элементов двигателя                             | Сильная                          | Слабая                       | Оптические покрытия   | Сильная                          | Слабая                       |
| Мониторинг двигателя  | Сильная                          | Слабая                       | Фотоумножители  | Сильная                          | Слабая                       |
| Системы наведения ракет                                       | Сильная                          | Сильная                      | Блоки питания   | Сильная                          | Слабая                       |
| Спутниковое навигационное оборудование                        | Сильная                          | Слабая                       | Фотопроводники  | Сильная                          | Слабая                       |
| Датчики уровня топлива  | Сильная                          | Слабая                       | Хранение, преобразование и передача электроэнергии (элементы)   | Сильная                          | Слабая                       |
| Гироскопы   | Сильная                          | Слабая                       | Упаковки микросхем  | Слабая                           | Слабая                       |
| Датчики вибрации  | Сильная                          | Слабая                       |   |                                  |                              |
| Компоненты двигателя (DLC Джет)                               | Сильная                          | Слабая                       |   |                                  |                              |
| Микроэлектронные пакеты, используемые в сенсорных устройствах | Сильная                          | Слабая                       |   |                                  |                              |

Промышленное оборудование и медицина: оценка влияния других технологий на продукцию на базе керамики при производстве готового конечного продукта

| Промышленное оборудование [13]  | Зависимость от других технологий | Влияние на другие технологии | Медицина [13]                              | Зависимость от других технологий | Влияние на другие технологии |
|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--|----------------------------------|------------------------------|
| Накачка жидкостей и их передача | Сильная                          | Слабая                       | Протезы                                    | Слабая                           | Слабая                       |
| Сварка                          | Слабая                           | Слабая                       | Хирургические инструменты                  | Сильная                          | Сильная                      |
| Текстильное оборудование        | Сильная                          | Слабая                       | Диагностическое оборудование               | Слабая                           | Сильная                      |
| Дробеструйная очистка           | Сильная                          | Слабая                       | Одноразовые инструменты                    | Слабая                           | Слабая                       |
| Бурение                         | Слабая                           | Слабая                       | Системы очистки крови                      | Слабая                           | Слабая                       |
| Разведка нефти и газа           | Сильная                          | Слабая                       | Радиационное оборудование                  | Слабая                           | Слабая                       |
| Нагреватели картриджей          | Сильная                          | Слабая                       | Электронные имплантанты                    | Слабая                           | Слабая                       |
| Сверхзвуковая очистка           | Сильная                          | Слабая                       | Электрофорез                               | Слабая                           | Слабая                       |
| Сверхзвуковая сварка            | Сильная                          | Слабая                       | Перекачка крови                            | Слабая                           | Слабая                       |
| Сенсоры уровней                 |                                  | Слабая                       | Устройства сердечного мониторинга          | Слабая                           | Слабая                       |
| Сенсоры потока жидкостей        | Сильная                          | Слабая                       | Получение изображений                      | Сильная                          | Слабая                       |
| Гироскопы                       | Сильная                          | Слабая                       | Распылители                                | Сильная                          | Слабая                       |
| Акселерометры                   | Сильная                          | Слабая                       | Катетеры                                   | Слабая                           | Слабая                       |
| Струйная печать                 | Сильная                          | Слабая                       | Кардиостимуляторы                          | Слабая                           | Слабая                       |
| Отливка форм                    | Слабая                           | Сильная                      | Удаление катаракт                          | Сильная                          | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Сверхзвуковые скальпели                    | Сильная                          | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Тестирование ДНК                           | Сильная                          | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Сердечные клапаны                          | Слабая                           | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Анализаторы крови                          | Сильная                          | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Сенсоры оттока крови                       | Сильная                          | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Стимуляторы костей                         | Слабая                           | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Костные сверла                             | Сильная                          | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Кохлеарные имплантанты                     | Слабая                           | Слабая                       |
|                                 |                                  |                              | Лапароскопические хирургические устройства | Сильная                          | Слабая                       |

$I$  – переменные для остальных элементов производственной цепи (дизайн, производство схем);

$$\sum_{j=0}^l S(n) -$$

элементы аккумулирующей технологии.

Данная формула описывает компоненты роста для компаний (сегментов производственной цепи задействованных в производстве материалов и продукции из них) производителей материалов и продукции на базе данных материалов для конечного потребления.

Из рис. 5 хорошо видно, как растет инновационный сегмент биокерамики и остальные мало инновационные сегменты, которые остаются примерно на одном уровне. Поэтому можно сказать, что переменные

$$\sum_{y=0}^m T(y) + \sum_{z=0}^k I(z)$$

для остальных направлений (космос, энергетика, бронекерамика) съедают весь рост, фактически приравнявая

$$\sum_{x=0}^n M(x)$$

к константе. Такое ограничение существует почти во всех сегментах, связанных с производством новых

материалов. Попытки производителей материалов самих увеличить свою добавленную стоимость путем внедрения своих инноваций без согласования с конечным потребителем приводили к большим финансовым потерям. Проблема роста инновационного потенциала производителей материалов ограничена в связи с тем, что конечный производитель предпочитает получать прирост за счет других элементов производственной цепи. Для рис. 5 прирост в биокерамике, также можно объяснить независимостью производителей материалов (керамики) от других отраслей в отличие от других технологических направлений. То есть часть

$$\sum_{y=0}^m T(y) + \sum_{z=0}^k I(z)$$

в данном случае играет менее значимую роль.

На рис. 6 показана динамика рынка керамических конденсаторов в мире используемых в электронике и динамика производства полупроводниковой продукции напрямую влияющей на производство керамических конденсаторов в электронике. Фактически отрасль микроэлектроники является технологическим ядром для промежуточных технологий и отраслей, таких как керамические конденсаторы. Поэтому график роста для керамических конденсаторов повторяет график для аккумулирующей отрасли электроники.

Анализ рынков

|                                  | Преимущества   | Недостатки  | Диверсифицируемость цепи | Применение (усл. ед.) <sup>2</sup> |
|----------------------------------|--|---|--------------------------|------------------------------------|
| Бронекерамика                    | Стабильные заказы, небольшой объем рынка — \$572 млн (2011) [19]   | Закрытость системы заключения контрактов, зависимость лоббирования, политической ситуации         | Низкая                   | 1269                               |
| Протезы                          | Большой рынок (\$11,7 млрд) для стоматологической продукции к 2015 г. (оценка), \$26,8 млрд для сложных ортопедических и восстановительных протезов, \$1,3 млрд для венных протезов                                  | Необходимость проведения клинических испытаний  | Низкая                   | 2138                               |
| Запорная арматура                | Большой рынок  | Неочевидное преимущество по сравнению с замещающими материалами для среды использования           | Низкая                   | 7540                               |
| СВЧ                              | Большой рынок  | Высокая конкуренция, зависимость от производителей главной технологии – СВЧ-схем и приборов       | Высокая                  | 8418                               |
| Фильтры                          | Большой рынок, большой диапазон применения в разных отраслях и технологиях   | –   | Высокая                  | 10255                              |
| Напыления                        | Большой рынок \$9,41 млрд к 2019 г. (оценка) [20], большой диапазон применения в разных отраслях и технологиях   | –   | Высокая                  | 24736                              |
| Наконечники для буров            | –  | Узкая направленность, высокая конкуренция. Небольшой рынок  | Низкая                   | 2367                               |
| Пропанты (расклинивающие агенты) | Большой рынок (\$7–10 млрд [21, 22]), перспективы роста. Возможность создания новых технологических платформ по переработке сланцевого газа (если будет доказана перспективность разработки сланцевых месторождений) | Узкая направленность  | Низкая                   | 116                                |
| Подложки                         | Большой рынок  | Сильное конкурентное давление со стороны таких стран как Китай, Индия из за простоты изготовления | Высокая                  | 22798                              |

Если сопоставить данным примером приведенное уравнение, то один из членов левой части уравнения, например

$$\sum_{x=0}^n M(x)$$

будет отвечать за производственную функцию (тоже имеющую вид  $Am Lm^{am} Km^{bm}$ ) изделий из керамики (конденсаторов, сопротивлений) на электронном устройстве, то  $As Ls^{as} Ks^{bs}$  будет отвечать за отрасль или технологию, аккумулирующую данные сегменты, то есть полупроводниковую и аналоговую электронику. При этом коэффициенты эластичности для материалов  $am, bm$  всегда меньше коэффициента  $as$  для конечной (аккумулирующей) технологии. То есть рост первых членов уравнения (1) значительно ограничен потенциалом роста аккумулирующей технологии.

Такая формула могла бы найти применение в корректировке оценке прогнозов роста для производителей новых материалов. Дело в том, что очень часто прогнозные оценки в несколько раз превышают реальные, что приводит к негативным последствиям для многих предприятий, работающих в данном сегменте. Как предполагается ошибка заключается в том, что при оценке потенциала роста, экономисты суммируют общий потенциал для аккумулирующей технологии (электроники, автомобилей, медицинского

оборудования, авиации) и прибавляют его к производителям промежуточной продукции, рост которой очень сильно ограничен и происходит либо за счет роста рынка конечной продукции аккумулирующей технологии, либо за счет замещения конкурирующих материалов в данной продукции.

Табл. 6 показывает данные известных мировых производителей технической керамики.

Как видно из табл. 6 каких-либо зависимостей в размерах компании ее доходах и инновационной (число патентов) активности не наблюдается. В то же время нет и зависимости размеров компаний от наличия своих систем сбыта. Это говорит о наличии у каждой компании своей модели научно-технического и производственного развития.

Однако становится очевидно, что компании – производители технической керамики, как и все производители материалов и продукции промежуточного потребления не могут установить свои стандарты потребления, в отличие от производителей конечной продукции. Сеть сбыта потребителей конечной продукции может развиваться непредсказуемо быстро по мере роста потребительской активности конечного пользователя. В то же время производители промежуточной продукции такой как техническая керамика вынуждены зависеть полностью от стандартов и роста спроса со стороны производителей конечной продук-

<sup>2</sup> Составлено на основании патентной активности компаний в указанных ниже направлениях. Предполагается, что, чем больше патентов в данном сегменте, тем большей диверсификацией направлений он характеризуется.

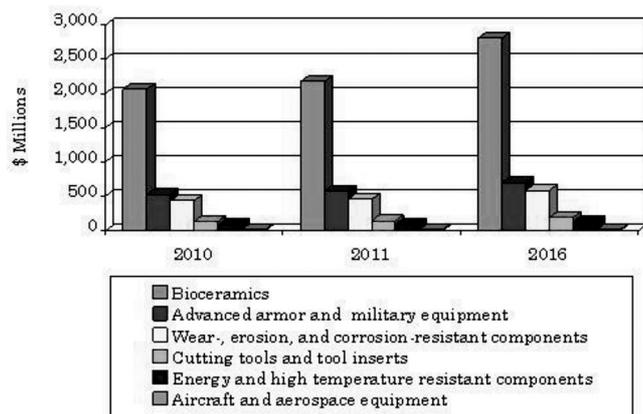


Рис. 5. Рост рынка керамики по сегментам

Источник: [23]

Временной анализ развития всех 10 производителей технической керамики (табл. 5) показал, что их сеть сбыта развивалась медленно с ростом новых ниш потребления, которые появлялись на протяжении последних десятилетий. Именно своевременное занятие этих ниш позволило им вовремя создать свои рынки сбыта, которые характеризуются чрезвычайно высокой конкуренцией, как со стороны производителей керамики, так и производителей других материалов и низким ростом.

### Выводы

Как видно из приведенных данных различные применения керамики по-разному отражаются на зависимости и влиянии на другие технологии. Между тем неправильный выбор стратегии развития предприятий, производящих керамику серьезно влияет на перспективы развития такого предприятия. Дело в том, что если предприятие производит компоненты,

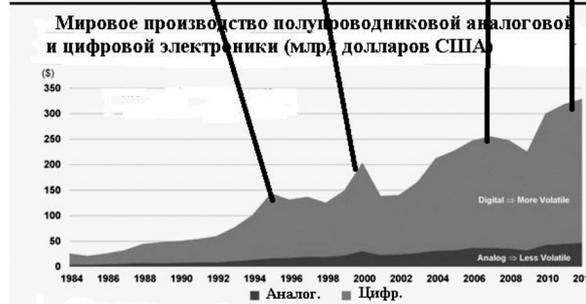


Рис. 6. Рынок мировой полупроводниковой продукции (\$ млрд)

Источник: [24, 25]

зависимые от других технологий и стандартов, оно может потерять весь рынок в случае отказа производителя головной технологии сотрудничать с данным предприятием. В тоже время высокое влияние на другие технологии позволяет быстрее выходить рынок самостоятельно.

Примерами проблематичных направлений могут быть

- компоненты сложных систем и машин с сильными зависимостями от головных технологий;

Таблица 6

Сравнение выборки наиболее показательных компаний – производителей керамики

| Компания  | Год основания | Зависимости (% зависимой и независимой продукции) | Число патентов | Число работников/валовая прибыль \$ (2013) | Наличие своих цепей поставок и сбыта/(валовый сбор) | Расширение номенклатуры в рамках сотрудничества со старыми потребителями |
|---|---------------|---|----------------|--|---|--|
| Morgan Advanced Materials [26]                  | 1856          | 95/5  | 755            | 9070/1595319000                            | 0   | 1  |
| Corning Inc. [18]                               | 1851          | 95/5  | 26020          | 28700/1500000000                           | 0   | 1  |
| Kyocera [27]                                    | 1959          | 100   | 78979          | 6170/800250000                             | 1   | 1  |
| Murata Manufacturing Co. Ltd. [28]              | 1944          | 100   | 45702          | 48288/905000000                            | 1   | 1  |
| CoorsTek [29]                                   | 1920          | 100   | 212            | 2900/145000000 [30]                        | 0   | 1  |
| Ceradyne, Inc (3M) [30]                         | 1967          | 100   | 157            | 2388(2008)/572000000 (2011)                | 0   | 1  |
| CeramTec [31]                                   | 1903          | 100   | 1290           | 3600/585000000 (2011) [31]                 | 0   | 1  |
| GrafTech International Holdings Inc [32]        | 1886          | 100   | 633            | 3034/1170000000(2013) [32]                 | 1   | 1  |
| McDanel Advanced Ceramic Technologies, LLC [33] | 1919          | 100   | 2              | 119/17 900000 [34]                         | 0   | 1  |
| Kemet [35]                                      | 1919          | 100   | 663            | 9550/836000000 [35]                        | 0   | 1  |

- компоненты медицинских технологий, требующих прохождения клинических испытаний;
- специфические детали, не имеющие аналогов в других технологиях, конверсию производства которых невозможно произвести;
- военные технологии, которые характеризуются закрытостью рынков сбыта и высокой зависимостью от головных технологий;
- простые технологии (подложки), которые легко воспроизводятся и которые попадают в сегменты характеризующиеся высокой конкуренцией и эффектами масштабов производства.

Регулирование развития данных технологий в рамках предприятия зависит от ряда параметров, таких как задействованность в военных технологиях, крупных проектах зависимых от крупного сектора. Однако следует отметить важность степени интеграции керамики с материалами, что позволяет расширить диапазон применений в несколько раз. Дело в том, что во многих устройствах керамика может быть использована совместно с другими материалами. Более того большинство компонент требует непосредственного взаимодействия со многими производителями, что делает реализацию продукции крайне сложной задачей.

Меры государственно-частного партнерства с предприятиями, разрабатывающими перспективную керамику, основанные на использовании манипуляций элементов научно-производственной цепи:

1. Государственное стимулирование тестирующего временного материалазаменения с целью выявления преимуществ замещающих материалов на базе керамики.
2. Меры по временной интеграции отдельных стадий разработки продукции данного предприятия с другими стадиями других предприятий для выявления эффекта реконфигурирования. Предполагается, что данный эффект мог бы позволить оптимизировать издержки в обще научно-производственном пространстве нескольких предприятий.
3. Государственные меры по одновременному использованию аналогичных импортных компонент для выявления возможностей импортозаменения предприятиями – потребителями материалов. Дело в том, что импортозаменение, которое сравнительно легко происходит в легкой и пищевой промышленности, проходит намного сложнее в отраслях связанных с новыми материалами.
4. Меры по созданию центров материаловедения с соответствующими базами данных по материалам, для выявления возможных ниш применения данных материалов, путем соединения таких центров с промышленными государственными и частными предприятиями гражданского и военного назначения. Причем такие центры смогли бы разрабатывать и сообщать в такой центр о своих новых разработках в режиме реального времени и предприятия получали бы оповещения о наличии новых разработок. Государство выступало бы координатором по внедрению полученных материалов.
5. Стратегия развития компаний производителей материалов для конечной продукции должна учи-

тывать сложность продвижения производителя конечной продукции на рынок. Если компания – производитель конечной продукции может повлиять на потребителя и навязать ему свою модель потребления, потратив внушительные средства на маркетинг и рекламу, то компании, такие как производители технической керамики, не могут навязать свою модель, а вынуждены действовать по стандартам и правилам, созданным компаниями – потребителями продукции технической керамики. Поэтому разработка реконфигурируемых научно-производственных цепей может стать оптимальным решением для компании – производителя материалов, таких как техническая керамика.

\* \* \*

Статья выполнена при финансовой поддержке проекта № 13-02-00019а РФНФ.

#### *Список использованных источников*

1. W. Salchi. Gas to Liquids Technology. Bahdad. 2006.
2. E. P. Robertson. Options for gas-to-liquids technology in Alaska. 1999.
3. P. Bolduan, M. Latz. Filtration by Means of Ceramic Membranes – Practical Examples from the Chemical and Food Industries. CIT 0039. 2005. <http://www.atech-innovations.de/fileadmin/download/pub050302.pdf>
4. Exploring the Petroleum Frontier. <http://www.ceramicindustry.com/articles/exploring-the-petroleum-frontier-1>.
5. Ceramic coatings can prevent corrosion. 2013. <http://www.oedigital.com/pipelines/maintenance/item/4265-ceramic-coatings-can-prevent-corrosion>.
6. Metallic and Ceramic Coatings for the Oil, Gas, and Petrochemical Industries. [http://www.praxairsurfacetechologies.com/na/us/pst/pst.nsf/0/9F52857EF3AB6F9C852576A5006E6B8C/\\$file/P2009\\_oil\\_gas\\_petro\\_applications\\_hr.pdf](http://www.praxairsurfacetechologies.com/na/us/pst/pst.nsf/0/9F52857EF3AB6F9C852576A5006E6B8C/$file/P2009_oil_gas_petro_applications_hr.pdf).
7. R. Nathan Katz. Advanced Ceramics: Ceramic Filters and Membranes. 2001. <http://www.ceramicindustry.com/articles/advanced-ceramics-ceramic-filters-and-membranes>.
8. D. Webb. Ceramic Filters: The Fight Against Bacteria, Viruses and Protozoa. 2000. <http://www.wwdmag.com/filters/ceramic-filters-fight-against-bacteria-viruses-and-protozoa>.
9. Global Body Armor Market to Reach \$19.4 Billion by 2022. <http://www.ceramicindustry.com/articles/92878-global-body-armor-market-to-reach-194-billion-by-2022>.
10. North American Market for Advanced Structural Ceramics to Reach Nearly \$4.8 Billion In 2018; Energy and High-Temp Resistant Components Growing at 12.5% CAGR. <http://www.prweb.com/releases/2014/04/prweb11739878.htm>.
11. High-Performance Ceramic Coatings: Markets and Technologies. <http://www.bccresearch.com/market-research/advanced-materials/ceramic-coatings-markets-avm015g.html>.
12. North American Market For High-Performance Ceramic Coatings To Reach \$2 Billion In 2016. [http://www.bccresearch.com/pressroom/avm/north-american-market-high-performance-ceramic-coatings-reach-\\$2-billion-2016](http://www.bccresearch.com/pressroom/avm/north-american-market-high-performance-ceramic-coatings-reach-$2-billion-2016). <http://www.morgantechceramics.com/markets-applications>.
13. Industrial-Equipment. <http://www.morgantechceramics.com/markets-applications/industrial-equipment>.
14. Advanced Ceramics Technology Roadmap. United States Advanced Ceramic Association U.S. Department of Energy. 2000. [http://advancedceramics.org/clientuploads/pdf/ceramics\\_roadmap.pdf](http://advancedceramics.org/clientuploads/pdf/ceramics_roadmap.pdf).
15. J. Rödel, A. Kouna. Development of a roadmap for advanced ceramics: 2010–2025. Journal of the European Ceramic Society 29 (2009) 1549–1560. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955221908005761>
16. Ceramic Manufacturing Industry. European Commission. August 2007. [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer\\_bref\\_0807.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf).
17. S. Joergensen, K. Nielsen, K. Joergensen. Reconfigurable Manufacturing Systems as an Application of Mass Customisation.

International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEIM), Vol.1 No 3, 2010. [http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/casopis/volume1/ijiem\\_vol1\\_no3\\_5.pdf](http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/casopis/volume1/ijiem_vol1_no3_5.pdf).

18. Corning Inc. [http://en.wikipedia.org/wiki/Corning\\_Inc](http://en.wikipedia.org/wiki/Corning_Inc).
19. Market Research Reports and Technical Publications. [www.bccresearch.com](http://www.bccresearch.com).
20. [http://article.wn.com/view/2014/05/02/Ceramic\\_Coatings\\_Market\\_worth\\_941\\_Billion\\_by\\_2019\\_A\\_New\\_Repo](http://article.wn.com/view/2014/05/02/Ceramic_Coatings_Market_worth_941_Billion_by_2019_A_New_Repo).
21. <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/proppant.asp>.
22. <http://www.indmin.com/Article/3251450/Proppants-market-could-be-worth-10bn-by-2017.html>.
23. [http://www.bccresearch.com/pressroom/avm/north-american-technical-advanced-structural-ceramics-market-reach-\\$4.4-billion-2016](http://www.bccresearch.com/pressroom/avm/north-american-technical-advanced-structural-ceramics-market-reach-$4.4-billion-2016).
24. <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/6281/000095012311030495/b83580exv99w1.htm>.
25. [http://www.ttiinc.com/object/me\\_zogbi\\_20091130.html](http://www.ttiinc.com/object/me_zogbi_20091130.html).
26. [http://en.wikipedia.org/wiki/Morgan\\_Advanced\\_Materials](http://en.wikipedia.org/wiki/Morgan_Advanced_Materials).
27. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kyocera>.
28. [http://en.wikipedia.org/wiki/Murata\\_Manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Murata_Manufacturing).
29. <http://en.wikipedia.org/wiki/CoorsTek>.
30. Insideview CoorsTek, Inc: <http://www.insideview.com/directory/coorstek-inc>.
31. <http://en.wikipedia.org/wiki/CeramTec>.
32. <http://en.wikipedia.org/wiki/GrafTech>.
33. <http://www.bloomberg.com/profiles/companies/4533806Z:US>.
34. Business Information. <http://www.manta.com/c/mmc9ndw/mcdanel-advanced-ceramic-technology-llc>.
35. [http://en.wikipedia.org/wiki/KEMET\\_Corporation](http://en.wikipedia.org/wiki/KEMET_Corporation).

### **Reconfigurable research and production chain and management of scientific and technical ceramics production chain**

**A. A. Zabolotsky**, PhD (in Economics), scientist, Institute of Economics and Industrial Engineering.

This work is dedicated to exploring the possibilities of building a strategy of technological development of the company or a particular industry based on exposure to the elements of scientific production chain of the industry or technology. This work is not aimed at the study of modern practices and standards process control, such as ISO-9000, GMP, GLP, GCP, MRP II, APICS and others.

**Objective:** to find non-standard methods management of the company to develop new materials (for example, technical ceramics). **Novelty:** the proposed approaches represent a relatively new class of management science and production chain enterprise or industry. This method is based on research opportunities segmentation of production chains and their varying elements to achieve optimum research and production strategies.

The literature in this area is represented by such areas as management and strategy development technologies based on ceramics [14, 15], a comparative case-study of various ceramic technologies and their applications in various industries [1-3].

**Keywords:** advanced (technical) ceramics, research and manufacturing chain, cost reduction, bio ceramics, natural resources extraction.

---

### *На базе РЦИ «Химтех» произведен технический запуск первой производственной линии по выпуску полимерных компаундов*

Технический запуск первой производственной линии по выпуску полимерных компаундов произведен 04.02.2015 г. в Лаишевском муниципальном районе Республики Татарстан, на базе Регионального центра инжиниринга в сфере химических технологий – РЦИ «Химтех».

В мероприятии приняли участие Президент Республики Татарстан Рустам Минниханов, директор Департамента развития малого и среднего предпринимательства и конкуренции Министерства экономического развития РФ Наталья Ларионова, исполнительный директор Ассоциации инновационных регионов России, председатель Наблюдательного совета Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере Иван Бортник, генеральный директор Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере Сергей Поляков и другие.

Региональный центр инжиниринга в сфере химических технологий – РЦИ «Химтех» – это уже третий инжиниринговый центр в Татарстане после «КАИ-Лазер» и центра «Эйдос».

– На этой площадке, созданной при поддержке Министерства экономического развития РФ, будут выпускать полимерные компаунды, и я уверен, что проект – перспективный и найдет дальнейшее продолжение, – заявил Президент Татарстана Рустам Минниханов. Он также напомнил, что Татарстан является самым крупным в стране производителем пластмасс.

Директор Департамента развития малого и среднего предпринимательства и конкуренции Минэкономразвития РФ Наталья Ларионова отметила, что Татарстан сегодня – самый посещаемый регион в части открытия новых производств, инжиниринговых центров. По ее словам, создание подобных площадок – ответ на вызовы современного мира, возможность кооперации, создания производств по импортозамещению.

Генеральный директор Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере Сергей Поляков отметил, что Фонд с 2014 года осуществляет мониторинг деятельности инжиниринговых центров в России, созданных Минэкономразвития России. Инжиниринговые центры в Татарстане могут быть примером успешного развития инновационных площадок для других регионов. По его словам, такие центры – генераторы новых компаний, которые впоследствии смогут получить поддержку Фонда. Сергей Поляков выразил пожелание о том, чтобы деятельность центра принесла существенный синергетический эффект.

*По материалам сайта <http://www.fasie.ru>*