

Реализация резервов структурно-технологического и организационно-экономического характера – важнейшая задача ближайших лет, решение которой во многом будет способствовать реализации идеи сохранения технологической безопасности страны при устойчивом повышении эффективности машиностроительного производства.

Рост эффективности общественного производства предполагает ускорение темпов развития машиностроительного комплекса, которому принадлежит главная роль в осуществлении научно-технической революции, дальнейшем наращивании энергетического потенциала и обеспечении обороноспособности страны.

#### Библиографический список

1. Гончаров В.Н., Горювая О.А. Организация инновационной деятельности предприятий машиностроительной отрасли// Организатор производства, 2006 – №3. – С. 58-61.
2. Махутов Н., Москвитин А. Приоритеты машиностроения// Экономист, 2005. – №5. – С. 26-34.
3. Новиков С.А., Татарских Б.Я. Организационно-экономические резервы снижения электроемкости продукции машиностроения: Монография. – Самара: АНО «Издательство СНЦ РАН», 2010. – 212 с.
4. Татарских Б.Я. Основные тенденции динамики структуры производственно-технологического потенциала машиностроения России. – Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2005. – 36 с.
5. <http://www.gks.ru/>
6. <http://www.minprom.gov.ru/>

УДК 378:001.891:339.13

## Первое в России промышленное производство сверхпроводящих материалов: прогнозирование потенциала развития

©2011 г. В.В. Бринза, М.Ю. Шляхов, С.М. Зернов, Н.А. Лыткин, К.М. Абрамушин\*

С 1990-х годов Россия является участником проекта по созданию международного термоядерного исследовательского реактора ИТЭР. Вклад нашей страны составляет около 10 % от общей стоимости проекта и обеспечивается в том числе путем изготовления и поставки уникального, не имеющего аналогов в мире оборудования. Значительной частью обязательств России является изготовление NbTi и Nb<sub>3</sub>Sn сверхпроводников для магнитной системы ИТЭР. Международные контракты по проекту

(далее – Соглашения о поставках) предусматривают ежегодные поставки 50 – 55 т сверхпроводящего провода (всего более 200 т). Безусловно, полноценное участие в подобных программах международного сотрудничества является свидетельством высокого научно-технического потенциала отечественной экономики и служит импульсом для ускоренного развития целого ряда высокотехнологичных отраслей.

Для тиражирования инновационного управленческого опыта, накопленного в процессе развития производственной структуры, специализирующейся на изготовлении данной наукоемкой продукции, актуальным является сохранение и обобщение приобретенных знаний о ее становлении, а также получение оценок о состоянии данного производства в среднесрочной и долгосрочной перспективах. В настоящей статье приведены результаты прогнозистического моделирования перспектив развития промышленного производства сверхпроводящих материалов.

\* Бринза В.В. – д-р техн. наук, директор научно-исслед. центра технол. прогнозирования НИТУ «МИСиС».

Шляхов М.Ю. – главный специалист ОАО «ТВЭЛ».

Зернов С.М. – нач. отдела сверхпроводящих материалов ОАО «ТВЭЛ».

Лыткин Н.А. – зам. генерального директора, директор по производству ОАО ЧМЗ.

Абрамушин К.М. – зам. директора по производству ОАО ЧМЗ.

**Особенности становления  
производственного комплекса**

Для безусловного выполнения принятых Россией в рамках Международного проекта ИТЭР обязательств по изготовлению сверхпроводящих стрендов (проводов) магнитной системы реактора возникла необходимость в короткие сроки создать производство отечественных сверхпроводников. В соответствии с приказом министра по атомной энергии № 232 от 20.05.02 организация работ по созданию производства сверхпроводящих материалов (СПМ) была поручена ОАО «ТВЭЛ» – производителю ядерного топлива для АЭС российского дизайна. Разработчик конструкции и промышленной технологии, сверхпроводящих стрендов был определен ОАО «ВНИИНМ» – ведущий научно-исследовательский институт по разработке делящихся, радиоактивных, конструкционных, сверхпроводниковых и других материалов для атомной отрасли. При этом был использован бесценный научно-технический опыт советского периода: в Советском Союзе промышленный выпуск сверхпроводников по технологиям, разработанным во ВНИИНМ, был организован на ПО «Ульбинский металлургический завод» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан). Именно там были выпущены первые сверхпроводящие токонесущие элементы на основе  $Nb_3Sn$  для магнитной установки «Токамак-15».

Базовым для создания производства выбрано одно из дочерних предприятий ОАО «ТВЭЛ» – ОАО «Чепецкий механический завод» (ОАО ЧМЗ). Указанный выбор сделан не случайно. ОАО ЧМЗ – единственный в России производитель изделий из циркониевых сплавов, представляет собой предприятие с развитой инфраструктурой, высококвалифицированными кадрами и богатым опытом эксплуатации металлургического, обрабатывающего и аналитического оборудования, которое может быть использовано в технологическом процессе изготовления сверхпроводников. Широко известны достижения Чепецкого механического завода в области внедрения инноваций и использования передовых достижений технического прогресса. Предприятие дважды становилось Лауреатом Премии Правительства Российской Федерации в области качества, неоднократно завоевывало высокие международные премии.

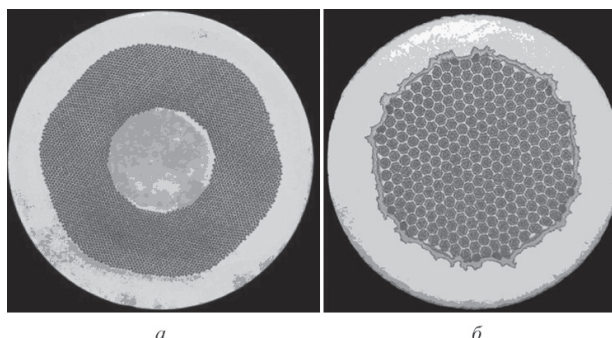
С 2007 года на ОАО ЧМЗ начался выпуск сверхпроводящих стрендов для проекта ИТЭР. В процессе создания новой производственной структуры в составе активно функционирующего предприятия был решен ряд многоплановых научно-технических и организационно-экономических задач:

- в необходимом объеме обеспечено финансирование работ из различных источников, в том числе и бюджетное финансирование;
- проведены НИОКР, подготовлено технико-экономическое обоснование проекта, разработана проектная и рабочая документация;
- определены технические требования к основному технологическому оборудованию, проведены конкурсы, организована поставка более 100 единиц

специализированного оборудования, произведен монтаж и пуско-наладочные работы;

- разработана и внедрена промышленная технология выпуска металлического ниобия высокой чистоты и заданными механическими свойствами, а также сплавов ниобий-титан и оловянистой бронзы;
- обучен производственный персонал; сформирован новый цех, а для действующих цехов завода, имеющих с ним производственные связи, определены дополнительные производственные задания и устранены возможные «возмущающие» воздействия на основную производственную систему со стороны новой инновационной подсистемы;
- разработана и внедрена промышленная технология изготовления сверхпроводящих стрендов из  $Nb_3Sn$  и  $NbTi$  сплавов, удовлетворяющих требованиям Международной Организации ИТЭР;
- подготовлена необходимая документация по менеджменту качества, новые процессы управления качеством встроены в действующую корпоративную СМК ОАО «ТВЭЛ».

Благодаря успешному решению всего перечисленного комплекса задач в период с 2007 по 2008 год была отработана технология и выпущены экспериментальные и опытные партии. В 2009 году произведены приемочные испытания и завод начал серийный выпуск сверхпроводников в соответствии с ГОСТ Р 15.201 – 2000. А в 2010 году было изготовлено 30 т промышленных партий СПМ данной номенклатуры (рис. 1).



**Рис. 1. Поперечное сечение сверхпроводящих стрендов, изготавливаемых на ОАО «ЧМЗ» для проекта ИТЭР (разработчик конструкции и технологии изготовления – ОАО «ВНИИНМ»):**  
 а)  $NbTi$  (диаметр поперечного сечения – 0,73 мм; длина > 1100м; число волокон - 4488; диаметр волокон – 6,7мкм);  
 б)  $Nb_3Sn$  (диаметр поперечного сечения – 0,82мм; длина > 1100м; число волокон >10000; диаметр волокон – 2,5мкм)

**Преимущества метода качественного моделирования при прогнозировании будущих состояний сложных организационно-технических систем**

Уникальность созданного производственно-го комплекса, высокая степень ответственности, определяемая условиями Соглашений о поставках по проекту ИТЭР, требуют обеспечения повышен-

ных требований к оперативному и стратегическому управлению промышленным производством СПМ. Дополнительные задачи для руководства комплекса состоят в необходимости обеспечения загрузки созданного производства после завершения поставок для ИТЭР в 2014 году. В связи с практически отсутствующим отечественным спросом на продукцию из СПМ предприятию необходимо будет решать задачи по выходу на международные рынки в условиях жесткой конкуренции. Эффективному менеджменту как комплекса, производящего СПМ, так и предприятия в целом могут препятствовать затруднения, возникающие как следствия множественных нестационарных воздействий на них факторов внешней среды [1]. В связи с перечисленными причинами обоснование эффективных вариантов развития данного инновационного комплекса не может быть ограничено только привлечением подходов, базирующихся на процедурах бизнес-планирования и технико-экономических расчетах. Востребованными становятся системные прогнозы последствий принятия альтернативных управленческих решений, расширяющие множество вариантов их выбора [2]. Именно множественное сравнение результатов прогнозирования различных вариантов развития производственной структуры в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективах, должно послужить дополнительным информационным ресурсом для обоснованного принятия руководителями стратегических решений, обеспечивающих в динамичной внешней среде повышение конкурентоспособности производимой продукции. Дополнительному приросту устойчиво-

сти комплекса промышленного производства СПМ в рыночном противоборстве способствовала бы выявляемая в ходе прогнозирования и используемая в дальнейшем на практике информация о потенциале данного комплекса, ключевых факторах развития его структуры, ограничениях роста, структурных дисбалансах и т.п. В связи с этим ОАО «ТВЭЛ» привлекло к созданию многофакторной прогностической динамической модели развития первого в России промышленного производства СПМ специалистов Научно-исследовательского центра технологического прогнозирования НИТУ «МИСиС» – разработчиков методологии многосценарного моделирования будущих состояний сложных организационно-технических и социально-экономических систем.

Предварительный анализ показал, что среди наиболее популярных прогнозных подходов к получению информации о будущих состояниях сложных организационно-технических систем эффективным оказалось использование методологии качественного моделирования, базирующейся на аппарате взвешенных ориентированных графов с импульсными составляющими. Перечень эффективных методов для прогнозирования развития сложных организационно-технических систем представлен на рис. 2. Данный подход обеспечивает:

- получение взаимосвязанных краткосрочных (до 3 лет), среднесрочных (до 7 лет), долгосрочных (7 – 10 лет), дальнесрочных (10 – 20 лет и более) прогнозов;
- достижение разноуровневых прогнозов развития систем (на мега-, макро-, мезо-, микроуровнях);

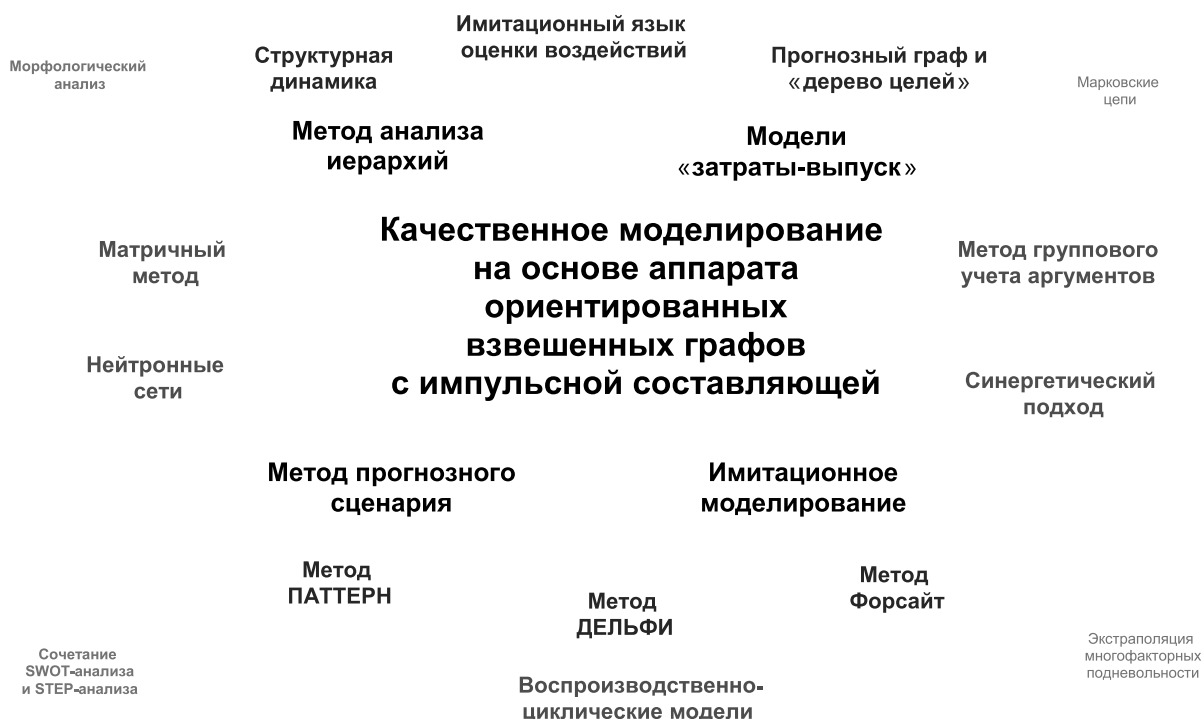


Рис. 2. Облако наиболее эффективных методов прогнозирования развития сложных организационно-технических систем, полученное объединением их оценок по 16 частным характеристикам

– получение объективизированных результатов прогнозирования и оценок их достоверности по нескольким независимым признакам;

– учет наряду с внутренними взаимосвязями между компонентами моделируемой организационно-технической системы и множественных влияний внешней среды;

– одновременное рассмотрение и обеспечение сопоставимости компонентов (факторов и показателей) различной природы (различной размерности);

– генерация в зависимости от числа различных ожидаемых сочетаний факторов внешней среды соответствующего им количества многосценарных прогнозов развития компонентов рассматриваемой системы;

– выявление для каждого прогнозного сценария ключевых факторов развития рассматриваемой системы, ограничений роста, структурных дисбалансов, основных ожидаемых рисков;

– совмещение результатов поискового прогнозирования системы с ее нормативным прогнозированием и на этой основе определение условий оптимизации развития компонентов системы по заданным критериям.

Применение методологии качественного моделирования оказалось достаточно результативным для определения эффективных вариантов развития сложных организационно-технических систем в металлургии и атомной промышленности [3 – 6].

Метод качественного моделирования, прежде всего, предполагает конкретизацию структуры моделируемой системы. В данном случае моделируемую структуру описывали исходя из системных представлений (рис. 3). Кроме того, учитывали организационное строение комплекса, функционал предприятия, реализующий положения SMK, в том числе его матрицу ответственности, а также особенности разработанной технологии производства СПМ. К факторам,

демонстрирующим прямое влияние внешней среды на моделируемую структуру, относили действие головной организации – Топливной компании «ТВЭЛ», Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», ОАО «ВНИИНМ» – разработчика технологии производства сверхпроводящих стрендов, других организаций-соисполнителей, а также фактор, характеризующий объемы финансовых ресурсов, выделяемых для создания и развития рассматриваемого производственного комплекса в рамках выполнения обязательств России по проекту ИТЭР. Косвенное воздействие внешней среды характеризовали факторами, зависящими от федерального законодательства, социально-экономической сферы страны, степени стремления общества и властных структур страны к инновационному пути развития, уровня качества жизни и развитости экономики города и региона, стабильности международной обстановки, мирового научно-технического прогресса в области производства и потребления СПМ, состояния рынка сверхпроводящих материалов и рынков, потребляющих материалы – компоненты СПМ.

Рациональное представление основных элементов моделируемой организационно-технической системы и влияющих на них факторов внешней среды удалось получить в виде двухуровневой структуры. Первый структурный уровень включает 27 элементов (13 компонентов комплекса СПМ и связанных с ними составляющих инфраструктуры предприятия, а также 14 факторов внешней среды). На втором структурном уровне более подробно раскрыто строение отдельных компонентов моделируемого структурного комплекса. Соответственно, двухуровневая иерархическая структура моделируемой системы объединила 100 ее элементов.

Конкретную информацию о факторных влияниях, включающую их характер (снижение или повышение уровня показателей под действием фактора),

инерционность и степень влияния факторов на показатели, а также их исходные значения и исходные импульсы, определяли по результатам коллективной экспертизы. К проведению данной процедуры привлекали 13 руководителей и ведущих специалистов ОАО ЧМЗ и ОАО «ТВЭЛ», имеющих прямое отношение к созданию и развитию производства СПМ, что позволило минимизировать ошибки результатов экспертного опроса [7]. Кроме того, повышению достоверности получаемой от экспертов информации способствовали проведение предварительного инструктажа, обеспечивающего однозначность понимания экспертами вопросов, формализация хода прове-



**Рис. 3.** Укрупненная структурная схема производства сверхпроводящих материалов, использованная в математической модели

дения опросов, разработка и применение опросных анкет матричного вида. Частные мнения экспертов преобразовывали с помощью специально разработанных шкал к количественному виду и объединяли, предварительно отсеивая грубые выбросы, а также учитывая компетентность каждого эксперта в областях, связанных с различными функциональными блоками моделируемой системы.

Как предусматривает методология качественного моделирования, полученная, объективизированная и приведенная к количественному виду экспертная информация послужила основой для разработки многофакторной динамической модели развития промышленного производства СПМ на базе алгоритмической схемы, представленной в [8]. Многосторонняя оценка достоверности результатов прогнозирования, полученная определением их противоречивости существующим очевидным взаимовлиянием факторов, наличие сходимости и устойчивости результатов, соответствие результатов ряду законов организации производственных систем [9] показали реалистичность модельного отображения ими динамики рассматриваемой организационно-технической системы. Это дало возможность использовать разработанную динамическую модель как инструментальное средство исследования закономерностей развития комплекса производства СПМ, прогнозирования потенциала данной организационно-технической системы, ожидаемого

в будущем, и выявления дополнительных резервов ее роста. Результаты прогностического моделирования трансформации основных составляющих производства СПМ к 2015 году приведены ниже.

**Развитие производства сверхпроводящих материалов в рамках инерционного сценария воздействия на него факторов внешней среды**

Инерционный прогноз среднесрочной динамики функциональных составляющих производственного комплекса, т.е. прогноз, реализующийся при существующем характере взаимодействия его компонентов и сохранении зафиксированных в настоящее время особенностей взаимовлияния элементов внешней среды [10], представлен в **табл. 1**. Здесь следует отметить, что приведенные начальные значения компонентов организационно-технической системы, а также их значения на протяжении периода упреждения в рамках методологии качественного моделирования имеют безразмерный вид. При этом их величина, равная 1,000, условно характеризует «средний» уровень показателя, значения, более низкие относительно среднего уровня, отображаются в полуинтервале значений, меньших 1,000, а более высокие – в полуинтервале, большем 1,000. Подобное отображение дает возможность осуществить сопоставление составляющих моделируемого производственного комплекса и его внешней среды,

Таблица 1

**Результаты прогнозирования развития основных составляющих производства СПМ, представляющих первый уровень его структуры и влияния на них элементов инфраструктуры предприятия, в рамках инерционного сценария**

Наименование составляющих комплекса производства СПМ и влияющих на них элементов инфраструктуры предприятия	Прогнозируемые оценки составляющих комплекса производства СПМ и влияющих на них элементов инфраструктуры предприятия (в рамках экспертной шкалы, преобразованной к количественному виду):									
	ретроспективный период, годы				период упреждения, годы					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Влияние дирекции предприятия на комплекс СПМ и результативность его взаимодействия с основными комплексами ОАО ЧМЗ (Y1)	1,194	1,172	1,110	1,014	0,899	0,949	0,935	0,893	0,838	
Управленческое воздействие руководства комплексом производства СПМ (Y2)	1,197	1,228	1,194	1,180	1,193	1,260	1,281	1,255	1,206	
Объемы оборотных средств предприятия, привлекаемые для производства сверхпроводящих материалов (Y4)	1,228	1,226	1,122	1,029	0,956	0,946	0,874	0,859	0,744	
Кадровый потенциал комплекса производства СПМ (Y5)	1,210	1,233	1,300	1,344	1,353	1,461	1,464	1,481	1,487	
Политика комплекса производства СПМ в области качества (Y6)	0,820	0,849	0,911	0,934	0,949	1,033	1,025	1,017	1,039	
Технический и технологический уровень производства слитков высокочистого ниобия, сплава ниобий-титан, бронзы (Y7)	0,949	1,006	1,070	1,094	1,098	1,061	1,121	1,118	1,141	
Технический и технологический уровень производства стрендов (Y8)	0,944	1,146	1,174	1,164	1,187	1,188	1,256	1,222	1,240	
Эффективность технического обслуживания производства СПМ, состояние его зданий и сооружений, уровень охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности (Y9)	1,020	1,054	1,140	1,147	1,165	1,162	1,236	1,233	1,280	
Степень поддержки производства СПМ со стороны инженерно-технических служб предприятия (Y10)	1,060	1,105	1,190	1,189	1,231	1,234	1,314	1,294	1,313	
Показатели конкурентоспособности производства СПМ (Y11)	0,920	0,935	1,011	1,094	1,115	1,021	0,860	0,798	0,802	
Результативность маркетинга СПМ и их продвижения на различные сегменты рынка (Y12)	0,690	0,689	0,756	0,786	0,790	0,711	0,603	0,570	0,571	
Имидж производства СПМ (Y13)	1,040	1,050	1,117	1,190	1,206	1,235	1,233	1,312	1,299	

имеющих различную размерность, не ограничиваясь их представлением, принятым, например, в рамках их стоимостного оценивания. Представленный в табл. 1 прогноз разработан в конце 2007 года и явился результатом моделирования динамики исследуемых составляющих производства СПМ до 2015 года. Верификация полученного прогноза, осуществленная сопоставлением результатов, содержащихся в исходном прогнозе, и реального уровня каждой из составляющих, достигнутого к 2010 году, подтвердила их взаимное соответствие, что сделало излишним промежуточную (через 3 года) корректировку прогнозов, несмотря на непредсказуемое действие в течение первых лет периода упреждения ряда факторов, изначально не учтенных при моделировании (например, факторов мирового финансового кризиса). Полученное дополнительное подтверждение высокой достоверности результатов прогнозирования зафиксировало высокую эффективность менеджмента процесса создания и развития промышленного производства СПМ, обеспечившего его устойчивость к внешним возмущающим воздействиям.

По результатам прогнозирования выявлена преобладающая положительная динамика в изменении основных составляющих производственного комплекса на первом структурном уровне его представления. Устойчивый рост демонстрируют кадровый потенциал комплекса (показатель Y5), политика в области качества (Y6), технический уровень производства компонентов СПМ: слитков высокочистого ниобия, ниобий-титанового сплава, оловянистой бронзы (Y7), технический уровень производства стрендов (Y8), эффективность технического обслуживания комплекса по производству СПМ (Y9), степень инженерно-технической поддержки производства СПМ (Y10), имидж рассматриваемого производственного комплекса (Y13). Вместе с тем отмечено некоторое постепенное снижение степени влияния на развитие производства со стороны дирекции предприятия (Y1), что является следствием перспектив становления данного производства как полноценного субъекта инновационной экономики. Следует также отметить, что госбюджетное финансирование и вложения ОАО «ТВЭЛ» в выполнение обязательств по поставкам сверхпроводящих материалов для проекта ИТЭР запланированы до 2013 года включительно, что отражено в табл. 1 экспертными оценками показателя Y3. Именно исчерпание отмеченных источников финансирования, как показывают результаты прогнозирования, приведет к снижению впоследствии значений Y2 (воздействия на комплекс по производству СПМ его руководства) и Y11 (показатели конкурентоспособности производства СПМ). Между тем последний из упомянутых показателей в течение первых лет периода упреждения демонстрирует заметную положительную динамику. Наиболее слабым компонентом моделируемой организационно-технической системы спрогнозирована деятельность по маркетингу продукции сортамента СПМ и ее про-

движение на отечественный и зарубежные рынки (Y12). Повышение уровня данного показателя должно являться приоритетной задачей для обеспечения устойчивого развития комплекса по производству СПМ в течение краткосрочного прогнозного периода. В среднесрочной перспективе с прекращением финансирования выпуска СПМ, предназначенных для ИТЭР, только высокий уровень Y12 обеспечит бесперебойное производство. Однако это зависит не столько от предприятия-производителя, сколько от формирования реальной рыночной потребности в подобной наукоемкой продукции.

Рассмотрение результатов инерционного прогнозирования отдельных составляющих производственного комплекса, действующих на втором структурном уровне, показало наличие более разнящихся их трендов. При этом прогнозируемые изменения отдельных составляющих 2-го структурного уровня не совпадают с интегральными тенденциями соответствующих компонентов, образующих первый уровень организационно-технической системы. К подобным составляющим 2-го уровня среди других отнесены, например:

- ритмичность выполнения производственного плана;
- экономичность использования материальных и энергетических ресурсов;
- результативность маркетинговых исследований существующего и прогнозируемого спроса на изделия из СПМ;
- результативность маркетинга продукции из ниобия, ниобий-титанового сплава, оловянистой бронзы и других изделий, имеющих потенциал изготовления на базе производства СПМ;
- технический уровень оборудования для выплавки сверхчистой меди.

Первые две из перечисленных составляющих включены в подструктуру Y11 (показатели конкурентоспособности производства СПМ). Следующие две характеризуют деятельность в области маркетинга СПМ и продвижение данной продукции на различные сегменты рынка (показатель Y12), а последняя составляющая отображает технический уровень части состава оборудования для производства полуфабрикатов, используемых в дальнейшем для выпуска СПМ (показатель Y7). Каждая из этих и ряда других составляющих на большей части протяженности прогнозного периода не демонстрирует значимого повышения, а некоторые с течением лет в рамках инерционного сценария снижают уровень. В связи с этим отмеченные особенности ожидаемой трансформации вышеприведенных структурных составляющих оказались предметом первоочередного внимания менеджмента при определении резервов промышленного развития СПМ. Более того, полученная в ходе моделирования информация о достаточно низком ожидаемом уровне производства слитков сверхчистой меди наряду с технико-экономическими проработками послужила одним из оснований для принятия управленческого решения о нецелесоо-

бразности его создания в составе рассматриваемого производственного комплекса. Альтернативой производству слитков данного металла для выпуска СПМ явилась его закупка.

В целом результаты моделирования динамики составляющих 2-го структурного уровня рассматриваемого производственного комплекса для инерционного сценария представляют для лиц, принимающих решения, более конкретизированную исходную информацию, чем прогнозы изменения компонентов Y1, Y2, Y4 – Y13, отображающих его структуру на первом уровне.

#### Ограничения роста производства СПМ при осуществлении инерционного сценария

Наряду с информацией о динамике изменения каждой из функциональных составляющих производства СПМ в течение заданного периода упреждения результаты метода качественного моделирования содержат знания о возможном существовании причин неполной реализации потенциала данного комплекса, заложенного при его создании. Именно упреждающее выявление упомянутых причин и их устранение позволили бы дополнительно повысить эффективность производства СПМ и поднять их конкурентоспособность без дополнительных капитальных затрат.

Для определения упомянутых причин полезной оказалась оценка последствий взаимодействия выявленных выше разнонаправленных трендов прогнозируемого изменения производственных компонентов, представляющих второй иерархический уровень рассматриваемой организационно-технической системы. Значимость и характер взаимодействия компонентов определяли на основе корреляционно-

го анализа их значений, соответствующих прогнозируемому периоду. Наиболее емкую информацию о взаимосвязанном изменении отдельных составляющих производственной деятельности несет часть корреляционной матрицы, представленная в **табл. 2**. Выявлено, что наиболее множественные и статистически значимые связи с другими компонентами деятельности комплекса присущи ритмичности выполнения производственного плана (Y11-5). Ритмичная работа является основным условием своевременного выпуска и реализации продукции. Соответственно, неритмичность ухудшает экономические показатели: возможно снижение качества продукции, увеличивается объем незавершенного производства, накапливаются сверхплановые остатки готовой продукции на складах и т.п. [11]. Как следствие, замедляется оборачиваемость капитала, существует вероятность задержек поставок по договорам и выплаты штрафов за несвоевременную отгрузку продукции, что предусмотрено международными Соглашениями о поставках в рамках реализации Проекта ИТЭР. При этом изменение показателя ритмичности находится в «противофазе» со значительной частью других составляющих деятельности производства СПМ. К этим составляющим, прежде всего, относятся динамика технического уровня оборудования для выплавки слитков первичных материалов, применяемых для изготовления сверхпроводящих стрендов (Y7-1), эффективность технологии выплавки слитков (Y7-2), рентабельность выпускаемой продукции (Y11-1), а также деятельность по идентификации и прослеживаемости продукции и сырья, транспортировке, хранению и упаковке продукции, управлению несоответствующей продукцией (Y11-6). Логично предположить, что выявленное повышение уровня ряда основных составляющих процесса промыш-

Таблица 2

**Прогнозирование возможных несоответствий между развитием ряда характеристик комплекса производства СПМ, отображающих 2-й уровень его структуры, и влияний на них организации-разработчика технологии производства СПМ (приведены значимые коэффициенты корреляции)**

Наименование отдельных характеристик:	Y6-1	Y6-6	Y7-1	Y7-2	Y9-2	Y11-1	Y11-5	Y11-6	Y15
Политика в области качества, ведение документации системы менеджмента качества (Y6-1)	1,00	0,86		-0,78			0,82	-0,77	0,99
Объемы затрат на качество (Y6-6)	0,86	1,00	-0,90	-0,82	0,90	-0,83	0,95	-0,85	0,88
Технический уровень оборудования для выплавки слитков (Y7-1)		-0,90	1,00	0,93	-0,75	0,97	-0,88	0,94	
Эффективность технологии выплавки слитков (Y7-2)	-0,78	-0,82	0,93	1,00		0,90	-0,79	0,97	-0,72
Своевременность модернизации и обновления производственного оборудования, качество его капитальных ремонтов (Y9-2)		0,90	-0,75		1,00		0,89		
Рентабельность выпускаемой продукции (Y11-1)		-0,83	0,97	0,90		1,00	-0,76	0,90	
Ритмичность выполнения производственного плана и степень выполнения графика сдачи продукции на склад (Y11-5)	0,82	0,95	-0,88	-0,79	0,89	-0,76	1,00	-0,80	0,84
Степень идентификации и прослеживаемости продукции и сырья, уровень транспортировки, хранения и упаковки продукции, управление несоответствующей продукцией (Y11-6)	-0,77	-0,85	0,94	0,97		0,90	-0,80	1,00	-0,74
Поддержка в создании и развитии производства СПМ со стороны ОАО «ВНИИНМ» – организации-разработчика технологии (Y15)	0,99	0,88		-0,72			0,84	-0,74	1,00

ленного получения СПМ за счет снижения степени ритмичности производства на этапах его освоения и развития, является типичным для организации выпуска уникальной наукоемкой продукции широкого сортамента. С другой стороны, в наибольшей степени способствуют росту ритмичности выполнения производственного плана полнота реализации политики комплекса по производству СПМ в области качества (Y6-1), объемы затрат на качество (Y6-6). Параллельно важным для повышения уровня показателя Y11-5 оказалось достижение положительной динамики Y9-2 (своевременность модернизации и обновления производственного оборудования, высокое качество его капитальных ремонтов) и Y15 (результативность поддержки развития данного производства со стороны организации-разработчика технологии промышленного изготовления стрендов (ОАО «ВНИИНМ»)).

Неполное использование потенциала созданного производства может проявляться также в недостаточной реакции отдельных показателей, характеризующих его эффективность, при варьировании основных функциональных компонентов. Вычислительные эксперименты, при осуществлении которых последовательно варьировали исходные уровни компонентов производства СПМ и элементов прямого влияния внешней среды, а затем определяли прирост результативных значений указанных компонентов при дополнительном увеличении факторных воздействий, дали возможность определить множественность изменения результатов в течение прогнозируемого периода, т.е. степень их управляемости при альтернативных приоритетах развития. В табл. 3 представлена информация о приросте составляющих промышленного комплекса по производству СПМ к концу четырехлетнего периода прогнозирования при поочередном увеличении исходных указанных выше факторных воздействий на 0,05. В пределах шкалы, используемой для преобразования экспертной информации к количественному виду, эта величина соответствует примерно половине цены ее деления. Получено, что изменение выше порога чувствительности (равное или превосходящее значение 0,01) под дополнительным действием каждого из выделенных факторов происходит по отношению к техническому и технологическому уровням производства слитков ниобия, сплава Nb-Ti и оловянистой бронзы (Y7). Множественным также является характер изменения политики комплекса по производству СПМ в области качества (Y6), технического и технологического уровней процесса получения стрендов (Y8), а также степени инженерно-технической поддержки данного производства и уровня автоматизации, компьютеризации и информатизации его деятельности (Y10).

С другой стороны, наименьшее число прямых факторных влияний, превышающих порог чувствительности, выявлено для прогнозируемого уровня управленческого воздействия на производство СПМ со стороны его руководства (Y2), а также для

степени реализации рыночных отношений, результативности маркетинга СПМ и других видов продукции комплекса (Y12). Следует отметить, что для более коротких прогностических периодов общее количество факторных воздействий и множественность значимых результативных изменений составляющих рассматриваемого производственного комплекса существенно меньше, чем содержится в табл. 3. Поэтому очевидными резервами менеджмента в рамках реализации действующего сценария развития производства СПМ представляются как дальнейшее усиление частных факторных влияний на будущие состояния основных компонентов рассматриваемого комплекса, так и снижение инерционности подобных влияний. Однако данные рекомендации будут в наибольшей степени адекватными для рассматриваемой организационно-технической системы после окончания госбюджетного финансирования по Проекту ИТЭР. А в настоящее время созданная отлаженная применительно к выполнению обязательств по Соглашениям ИТЭР система управления производством СПМ функционирует достаточно эффективно – суммарный прирост компонентов функционирования производственного комплекса в несколько раз (от 1,66 до 3,84 раза) превышает значение дополнительного увеличения уровня каждой из составляющих комплекса, находящихся в исходном состоянии.

Ограничения в развитии сложных организационно-технических систем могут быть преодолены также путем целенаправленного объединения частных действий на их основные компоненты. В настоящей работе степень интегрального управленческого воздействия оценена применительно к показателям эффективности проекта. В составе структуры комплекса по производству СПМ подобными показателями явились конкурентоспособность производства СПМ и его имидж. Показатель конкурентоспособности производственной структуры Y11 в составе математической модели объединяет ряд составляющих 2-го иерархического уровня. К этим составляющим относятся рентабельность выпускаемой продукции, уровень качества продукции, объемы выпускаемой продукции и их соответствие изменяющимся производственным ресурсам, широта диверсификации производимых СПМ и их компонентов, ритмичность выполнения производственного плана и степень выполнения графика сдачи продукции на склад, степень идентификации и прослеживаемости сырья и продукции. Кроме того, показатель Y11 характеризует также эффективность транспортировки, хранения и упаковки произведенных изделий, управление несоответствующей продукцией, экономичность использования материальных и энергетических ресурсов на основных производственных этапах. Имидж промышленного комплекса (показатель Y13) представляет его обобщенное восприятие субъектами внешней среды (потребителями, поставщиками, обществом и др.): стабильность его финансового положения, качество его продукции, репутация руко-



**Результаты вычислительного эксперимента по прогнозированию прироста компонентов комплекса по производству СПМ в среднесрочной перспективе (период упреждения 4 года) при дополнительном значимом воздействии исходных факторов\***

Наименование исходных факторов, получающих дополнительную поддержку	Мера управленческого воздействия со стороны руководства комплексом производства СПМ (Y1)	Кадровый потенциал комплекса по производству СПМ (Y5)	Эффективность политики комплекса по производству СПМ в области качества (Y6)	Технический и технологический уровень производства слитков ниобия, сплава ниобий – титан и бронзы (Y7)	Технический и технологический уровень производства стрендов (Y8)	Эффективность технического обслуживания и обновления производства СПМ, состояние его зданий, уровень охраны труда, ТБ и ППБ (Y9)	Степень инженерно-технической поддержки производства СПМ, уровень автоматизации, компьютеризации, информатизации его деятельности (Y10)	Показатели конкурентоспособности производства СПМ (Y11)	Степень реализации рыночных отношений, результативности маркетинга СПМ и других видов продукции комплекса (Y12)	Имидж производства СПМ (Y13)
Влияние дирекции предприятия на комплекс СПМ и результативность его взаимодействия с основными комплексами ОАО ЧМЗ (X1)	0,023	0,024	0,024	0,018	0,017	0,017	0,022	0,015	0,010	0,017
Управленческое воздействие руководства комплексом производства СПМ (X2)	<b>0,059</b>	0,015	0,016	0,018	0,018	0,014	0,019	0,014	0,006	0,013
Объемы оборотных средств предприятия, привлекаемые для производства (X4)	0,015	0,015	0,015	0,019	0,017	0,019	0,017	0,009	0,003	0,008
Кадровый потенциал комплекса производства СПМ (X5)	0,005	<b>0,055</b>	0,014	0,016	0,017	0,013	0,015	0,010	0,010	0,01
Политика комплекса производства СПМ в области качества (X6)	0,003	0,008	<b>0,053</b>	0,013	0,013	0,012	0,013	0,009	0,009	0,007
Технический и технологический уровень производства слитков высокочистого ниобия, сплава ниобий-титан, бронзы (X7)	0,010	0,015	0,010	<b>0,057</b>	0,015	0,011	0,015	0,017	0,012	0,014
Технический и технологический уровень производства стрендов (X8)	0,008	0,013	0,011	0,015	<b>0,059</b>	0,012	0,015	0,016	0,012	0,011
Эффективность технического обслуживания производства СПМ, состояние его зданий и сооружений, уровень охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности (X9)	0,007	0,009	0,012	0,013	0,011	<b>0,056</b>	0,012	0,009	0,008	0,007
Степень поддержки производства СПМ со стороны инженерно-технических служб предприятия (X10)	0,009	0,013	0,014	0,015	0,013	0,011	<b>0,062</b>	0,014	0,011	0,013
Показатели конкурентоспособности производства СПМ (X11)	0,012	0,016	0,014	0,017	0,014	0,012	0,019	<b>0,053</b>	0,011	0,013
Результативность маркетинга СПМ и их продвижения на различные сегменты рынка (X12)	0,006	0,011	0,010	0,015	0,017	0,010	0,012	0,019	<b>0,053</b>	0,014
Имидж производства СПМ (X13)	0,019	0,014	0,016	0,010	0,006	0,013	0,016	0,014	0,011	<b>0,055</b>
Роль ОАО «ТВЭЛ» в стратегии развития производства СПМ (X14)	0,016	0,015	0,017	0,020	0,017	0,016	0,015	0,012	0,001	0,011
Поддержка создания и развития производства СПМ со стороны организации-разработчика технологии (ОАО «ВНИИНМ») (X15)	0,004	0,006	0,010	0,011	0,011	0,006	0,005	0,120	0,008	0,010
Деятельность НИИ, НПО, вузовской науки по сопровождению и совершенствованию производства СПМ (X16)	0,009	0,009	0,009	0,012	0,012	0,009	0,012	0,007	0,007	0,006

\* Серым фоном отмечены изменения компонентов, превышающие порог чувствительности ( $\geq 0,01$ ), жирным шрифтом выделены их значимые изменения ( $\geq 0,05$ )

водства, известность, выполнение социальных обязательств, престиж и т.п. [12].

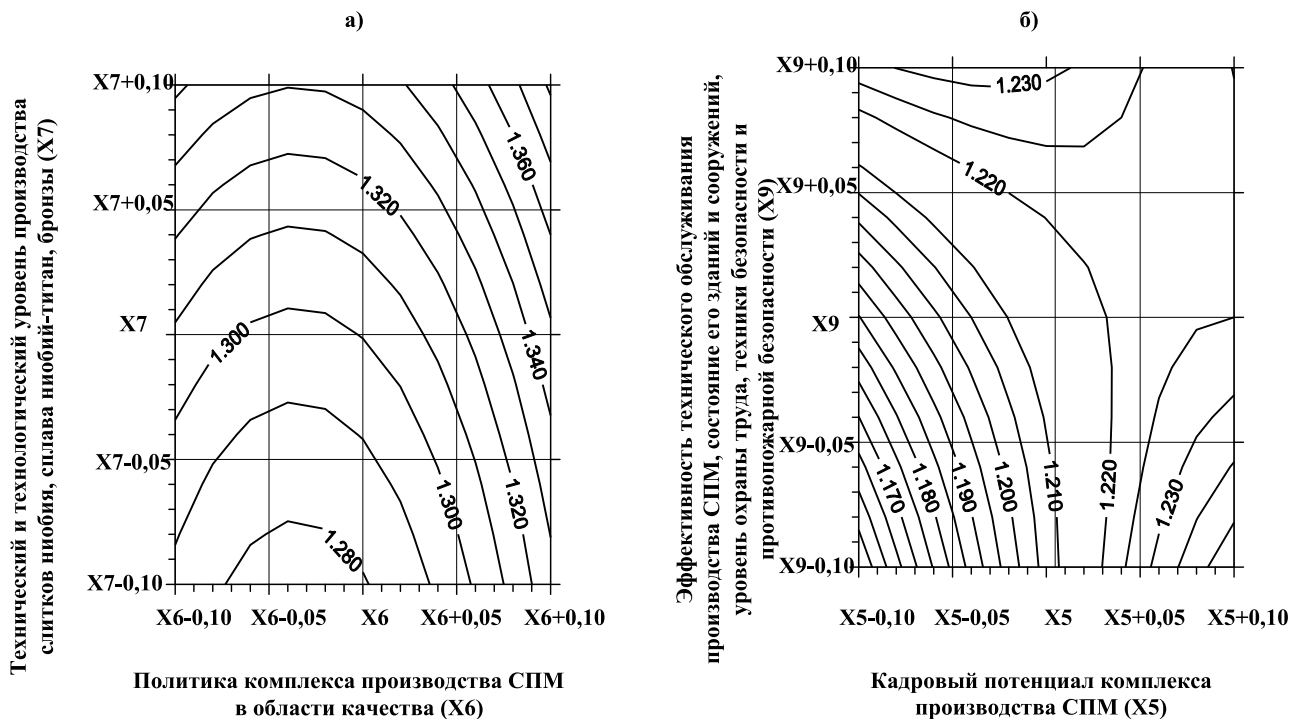
Типичные результаты влияния исходного уровня компонентов комплекса по производству СПМ на прогнозируемую через 4 года величину показателей эффективности его деятельности обобщены на **рис. 4**. Анализ полученных в ходе моделирования прогнозов показал, что рассматриваемые показатели  $Y_{11}$  и  $Y_{13}$  в диапазонах варьирования влияющих на них в наибольшей степени компонентов деятельности производственного комплекса изменяются в равных по протяженности диапазонах. Однако характер изменения показателей в среднесрочной перспективе различен. Если конкурентоспособность производства СПМ изменяется в основном под единственным влиянием компонентов производственного комплекса, то по отношению к имиджу рассматриваемого комплекса множественное управляющее действие имеет по большей части объединенный характер. Представляется, что действующий механизм роста имиджа производства СПМ, который реализуется совместным действием функциональных компонентов комплекса, является наиболее перспективным.

Анализ динамики компонентов деятельности промышленного производства СПМ показал, что к 2010 году выявленные ограничения, характерные для начальных этапов развития комплекса, в значительной степени были преодолены.

### Ключевые факторы, стимулирующие процесс развития производства СПМ

Стремление предотвратить негативную прогнозируемую динамику отдельных составляющих деятельности промышленного комплекса по производству СПМ, усилить положительные тенденции в развитии комплекса, устранить ограничения, препятствующие его росту, стимулирует поиск управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого развития данного комплекса. Практика эффективного менеджмента сложными организационно-техническими системами показывает перспективность для обеспечения значимого роста всей системы активной поддержки, в первую очередь ключевых факторов, т.е. тех, которые оказывают значимое влияние на большинство ее структурных составляющих [13]. Выявление нескольких наиболее значимых ключевых факторов – важная задача при разработке эффективной стратегии развития предприятий. Соответственно, неправильная оценка тех или иных факторов успеха обуславливает выбор ошибочной стратегии [14].

Привлечение для определения ключевых факторов промышленного производства СПМ методологии качественного моделирования дает возможность в прямом образе установить их перечень в ожидаемой краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной динамике. При этом искомые результаты определимы в ходе вычислительного эксперимента,



**Рис. 4.** Характер прогнозируемого в четырехлетней перспективе изменения показателей конкурентоспособности производства СПМ при многофакторном воздействии: а) имидж производства СПМ ( $Y_{13}$ ); б) конкурентоспособность продукции ( $Y_{11}$ )

который уже был применен в настоящей работе для оценки множественности изменения показателей рассматриваемого производственного комплекса. Отличительной особенностью результатов, получаемых привлеченным в настоящей работе способом моделирования, является их достаточная объективность в отличие от часто используемых для выявления ключевых факторов прямых экспертных процедур, несвободных от субъективности.

Получено, что по состоянию на момент начала отработки технологии промышленного производства СПМ в 2007 году и выпуска первых экспериментальных и опытных партий продукции в пределах, ограниченных текущим планированием, т.е. в течение одного года, значимое изменение составляющих деятельности данной организационно-технической системы можно достичь двумя путями (табл. 4). Во-первых, каждая из функциональных составляющих в конце данного прогнозного периода испытывает существенный прирост, близкий к степени дополнительной поддержки ее исходного состояния. Во-вторых, добавочное повышение одновременно группы составляющих происходит под усилением действия следующих исходных факторов: X1 (внимание, уделяемое дирекцией всего предприятия производству СПМ, и эффективность взаимодействия

данного производства с основными заводскими комплексами), X3 (объемы бюджетных инвестиций и вложений ОАО «ТВЭЛ»), X14 (роль ОАО «ТВЭЛ» в стратегии развития промышленного производства СПМ). Другие факторы на протяжении года или не проявляют заметного влияния на составляющие деятельности рассматриваемого комплекса, или оказывают воздействия лишь на единичные компоненты структуры моделируемого комплекса.

Трехлетний прогнозный период характеризуется тем, что множественное значимое взаимовлияние начинает проявляться по отношению ко всем компонентам комплекса. Множественное воздействие на показатели деятельности производства СПМ оказывают также элементы прямого влияния его внешней среды X14 и X15 (степень поддержки в создании и развитии производства СПМ со стороны разработчика технологии – ОАО «ВНИИНМ»). Важно, что дополнительный прирост последних факторов значительно повышает уровень различных групп составляющих деятельности комплекса. Если под действием X14 отмечены тенденции увеличения для Y2, Y5, Y9, Y10, то X15 способствует увеличению Y6 и Y8. И только показатель Y7 в силу первостепенной важности для реализации проекта выпуска сверхпроводящих материалов проявил значимую зависимость одновремен-

Таблица 4

**Прогнозирование числа составляющих деятельности промышленного производства СПМ и показателей прямого внешнего влияния на него (Y1 – Y16), изменяющихся существенно (на величину,  $\geq 0,05$  – в числителе) и с превышением порога чувствительности (на величину  $\geq 0,01$  – в знаменателе) при дополнительном поочередном приросте факторов данного комплекса и влияющих на него элементов внешней среды для различных периодов упреждения**

Номер фактора	Продолжительность периода упреждения, годы:							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X1	1/3	1/6	1/8	1/13	1/13	1/12	6/8	12/2
X2	1/0	1/4	1/11	1/9	1/10	1/10	1/10	6/5
X3	1/7	1/5	1/4	1/6	1/8	1/13	1/13	1/13
X4	1/1	1/3	1/6	1/7	1/10	0/12	0/12	0/12
X5	1/0	1/1	1/6	1/10	1/10	1/11	1/10	1/10
X6	1/1	1/1	1/5	1/9	1/13	1/12	1/13	1/13
X7	1/2	1/5	1/9	1/13	1/12	1/14	1/14	1/14
X8	1/2	1/4	1/9	1/13	1/13	1/13	1/14	1/14
X9	1/0	1/0	1/4	1/6	1/10	1/11	1/12	1/12
X10	1/0	1/0	1/4	1/11	1/12	1/12	1/12	1/12
X11	1/0	1/4	1/4	1/11	1/11	1/13	1/12	1/11
X12	1/1	1/4	1/10	1/12	1/11	1/11	1/11	1/11
X13	1/2	1/3	1/9	1/13	1/13	1/13	1/12	7/8
X14	1/3	1/3	1/6	1/11	1/11	1/11	0/13	1/12
X15	1/0	1/1	1/3	1/5	1/6	1/10	1/11	1/11
X16	1/0	1/0	1/0	1/3	1/11	1/12	1/12	1/12
X17	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
X18	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
X19	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
X20	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/1	0/3
X21	0/0	0/0	0/0	0/2	0/2	0/2	0/3	0/9
X22	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/0	0/1	0/2
X23	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1
X24	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
X25	0/0	0/0	0/0	0/1	0/2	0/4	0/9	0/14
X26	0/1	0/2	0/4	0/9	0/9	0/14	0/14	0/14
X27	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/3	0/11	0/12

но от двух данных факторов. Здесь следует отметить, что данный элемент, характеризующий технический и технологический уровень производства слитков ниобия, высокой чистоты, ниобий-титанового сплава, оловянистой бронзы, являющихся основными компонентами СПМ, имеет для всего данного производственного комплекса первостепенное значение. Не случайно данный показатель к концу краткосрочного периода значимо изменяется под совместным действием абсолютного большинства факторов комплекса по производству сверхпроводящих материалов и элементов прямого влияния его внешней среды. С другой стороны, элементы опосредованного влияния внешней среды на показатели деятельности рассматриваемой организационно-технической системы в течение краткосрочного периода упреждения не оказывают значимого влияния. Исключение здесь составляет X26, характеризующий состояние мирового рынка сверхпроводящих материалов. Данный фактор значимо действует на Y11 (показатель конкурентоспособности производства СПМ на базе ОАО ЧМЗ), а также на Y12 (степень реализации рыночных отношений для СПМ, производимых на ОАО ЧМЗ, результативность маркетинга этих изделий и их продвижение на различные сегменты рынка). Как следствие, под влиянием X26 изменяются также Y4 (объемы оборотных средств ОАО ЧМЗ, привлекаемых для производства СПМ) и Y14 (роль ОАО «ТВЭЛ» в стратегии развития промышленного производства СПМ).

К концу среднесрочного периода упреждения результаты математического моделирования показывают резкое возрастание проявлений множественности значимых факторных влияний на составляющие деятельности промышленного производства СПМ. Наибольшую множественность влияний для рассматриваемого периода демонстрируют X1, X6, X8, X13. Значимыми явились также единичные действия по отношению к комплексу промышленного производства СПМ со стороны элементов, характеризующих опосредованное влияние внешней среды. К ним относятся X20 (темпы экономического развития страны), X21 (состояние финансово-кредитной среды страны), X22 (степень стремления общества и властных структур государства к инновационному пути развития), X25 (мировой научно-технический прогресс в областях производства и применения СПМ, скорость реализации Проекта ИТЭР). А упомянутый при рассмотрении последствий краткосрочного прогноза элемент внешней среды, отображающий состояние мирового рынка СПМ (X26), демонстрирует для пятилетнего прогноза значимое воздействие на большинство (девять) составляющих функционирования комплекса по производству СПМ на ОАО ЧМЗ.

Наконец, для долгосрочного периода основным является сетевой характер взаимодействия составляющих деятельности промышленного производства и элементов внешней среды, оказывающих на них прямое влияние. Число выявленных частных значимых факторных связей для элементов рассма-

триваемой организационно-технической системы в семилетней перспективе изменяется от 11 до 15 при общем перечне, включающем 16 взаимодействующих факторов (табл. 4). Кроме того, в сравнении со степенью воздействий большинства факторов, выявленных для прогнозных периодов меньшей продолжительности, их долгосрочные последствия отличаются более выраженными абсолютными изменениями показателей при единичных факторных влияниях. Подобное усиление результатов действия наиболее характерно для фактора X1, представляющего роль дирекции ОАО ЧМЗ в управлении рассматриваемым производственным комплексом, а также отображающего его производственные связи с основными функциональными комплексами завода (табл. 4). Множественными также становятся последствия косвенного влияния на уровень составляющих деятельности промышленного производства СПМ ряда элементов внешней среды. Среди этих внешних влияний следует отметить: X20 (темпы экономического развития страны), X21 (состояние финансово-кредитной среды), X22 (степень стремления общества и властных структур государства к инновационному пути развития), X25 (мировой научно-технический прогресс в областях производства и применения СПМ, скорость реализации проекта ИТЭР), X26 (состояние рынка СПМ), X27 (состояние рынка материалов и полуфабрикатов, используемых при производстве СПМ).

С другой стороны, важным представляется факт высокой устойчивости элементов комплекса промышленного производства как в краткосрочной и среднесрочной перспективе, так и в течение долгосрочного периода упреждения к возможным негативным воздействиям значительной части элементов внешней среды. К этим элементам относятся X17 (степень стабильности федерального законодательства), X18 (стабильность внутриполитического климата в стране), X19 (стабильность международной обстановки), X24 (развитость социально-экономической городской среды предприятия).

Представленный анализ множественности прогнозируемых факторных воздействий, оценка значимости каждого из них и временных лагов в изменении уровня элементов инфраструктуры рассматриваемого комплекса под действием этих воздействий дает возможность выделить ключевые влияния с позиций стратегического управления рассматриваемой организационно-технической системой. Установлено, что для комплекса промышленного производства СПМ на первом иерархическом уровне его представления ключевыми факторами являются (табл. 4):

- X1 внимание, уделяемое дирекцией всего предприятия производству СПМ, и эффективность взаимодействия данного производства с основными заводскими комплексами;
- X2 мера управленческого воздействия со стороны руководства комплексом;
- X7 технический и технологический уровень производства слитков высокочистого металлическо-

го ниобия, ниобий-титанового сплава, оловянистой бронзы;

– X8 технический и технологический уровень производства Nb<sub>3</sub>Sb и NbTi стрендов.

Как следует из данных, приведенных в табл. 4, среди компонентов внешней среды, оказывающих на рассматриваемый производственный комплекс наиболее множественное влияние, следует выделить X14 (роль ОАО «ТВЭЛ» в стратегии развития промышленного производства СПМ). Аналогичным путем определяются ключевые факторы для подсистем промышленного производства СПМ, детализированных на втором структурном уровне.

#### **Последствия реализации возможных альтернативных сценариев дополнительной поддержки развития производства СПМ**

Необходимость апробации различных управленческих решений, направленных на достижение устойчивого развития первого в Российской Федерации промышленного производства СПМ, делает целесообразным активное привлечение полученных в ходе его моделирования результатов. Одной из перспективных форм подобных приложений данной методологии является разработка сценариев трансформации организационно-технической системы, альтернативных инерционным. Среди значительного числа этих сценариев особый интерес вызывают два:

«А» – воспроизводящий в течение среднесрочного периода упреждения максимальную дополнительную поддержку ключевых факторов, характеризующих основные направления деятельности комплекса по производству СПМ;

«В» – отображающий среднесрочные последствия перераспределения приоритетов дополнительной поддержки ключевых факторов за счет части ресурса факторов наименее множественного влияния на показатели комплекса.

Процесс дополнительной поддержки ключевых факторов в структуре комплекса по производству СПМ моделировали путем придания каждому из их значений в период с 2010 по 2015 год дополнительного минимально чувствительного импульса и дополнительного приращения к текущим значениям, равных 0,01. Соответственно, перераспределение приоритетов факторной поддержки в течение прогнозируемого периода моделировали корректировкой (вычитанием или приращением) текущего уровня и импульсов, выделенных составляющих деятельности комплекса на величину указанного выше минимально чувствительного их приращения.

Результаты модельного воспроизведения будущих состояний компонентов деятельности комплекса промышленного производства СПМ и элементов прямого действия внешней среды при реализации сценариев его развития, альтернативных инерционному, представлены в **табл. 5**. В рамках сценария «А» рассматривали эффективность для перспектив деятельности комплекса дополнительной поддерж-

ки выявленных выше ключевых факторов X1, X2, X7, X8, X14. Особенности данного сценария являются повышенное внимание менеджменту деятельности комплекса, а также созданию по возможности наиболее прогрессивной технической и технологической базы производства СПМ. Показано, что действие с 2010 года сценария «А» обуславливает не только существенный рост компонентов рассматриваемой организационно-технической системы, которые получают в рамках сценария дополнительное внимание, но и более высокие темпы роста других из всего их перечня. Среди последних к концу среднесрочного прогнозного периода в максимальной степени возрастают компоненты комплекса X5 (кадровый потенциал по производству СПМ), X6 (эффективность политики комплекса в области качества) и X10 (степень инженерно-технической поддержки производства СПМ, степень автоматизации, компьютеризации, информатизации деятельности данного комплекса). Таким образом, рассматриваемый сценарий является весьма перспективным для стратегического развития промышленного производства СПМ.

Сценарий «В» относится к группе вариантов развития комплекса, заслуживающих внимания при жестких ограничениях на возможности привлечения ресурсов. При реализации данного сценария прогнозируется в среднем несколько более значимый рост поддерживаемых ключевых компонентов Y1, Y2, Y7, Y8, Y14, чем снижение из-за перераспределения ресурсов других компонентов комплекса (Y4, Y5, Y9, Y12, Y13), оказывающих на результативный уровень составляющих данной организационно-технической системы наименее множественное влияние. Кроме того, данный сценарий в среднесрочной перспективе демонстрирует увеличение выше порога чувствительности и других величин: Y6 (эффективность политики комплекса производства СПМ в области качества), Y10 (степень инженерно-технической поддержки производства СПМ, степень автоматизации, компьютеризации, информатизации деятельности комплекса). Прогнозируется значимое возрастание также результативного уровня Y16 (деятельность НИИ, НПО, представителей вузовской науки для совершенствования условий промышленного производства СПМ), являющегося одним из элементов прямого действия на рассматриваемый комплекс внешней среды. В целом полученные по сценарию «В» результаты прогнозирования будущего состояния данной организационно-технической системы при перераспределении ресурсной поддержки между отдельными ее компонентами показывают реальную возможность оптимизации вектора развития промышленного производства СПМ за счет первостепенной поддержки ключевых факторов или взвешенного перераспределения приоритетов между основными компонентами деятельности данного комплекса. Демонстрация осуществимости подобного подхода для близких по масштабу организационных систем приведена в [15]. Однако достаточно умеренный совокупный прирост прогно-

Таблица 5

Результаты моделирования среднесрочных последствий реализации альтернативных сценариев развития промышленного производства СПМ*	Сценарий «А»										Сценарий «В»				
	Период прогнозирования (годы):					Период прогнозирования (годы):					Период прогнозирования (годы):				
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2010	2011	2012	2013	2014
Наименование составляющих деятельности комплекса по производству СПМ и элементов прямого влияния на него внешней среды	0,020	0,040	0,068	0,096	0,120	0,150	0,020	0,037	0,066	0,084	0,098	0,116	0,142	0,160	0,178
Влияние дирекции предприятия на комплекс СПМ и результативность его взаимодействия с основными комплексами ОАО ЧМЗ (Y1)	0,020	0,046	0,076	0,115	0,156	0,211	0,020	0,043	0,069	0,093	0,118	0,140	0,162	0,184	0,206
Управленческое воздействие руководства комплекса производства СПМ (Y2)	0,000	0,000	0,008	0,013	0,027	0,033	0,000	-0,040	-0,063	-0,092	-0,116	-0,142	-0,166	-0,190	-0,214
Объемы оборотных средств предприятия, привлекаемые для производства сверхпроводящих материалов (Y4)	0,000	0,000	0,008	0,029	0,056	0,093	0,000	-0,040	-0,056	-0,066	-0,078	-0,086	-0,094	-0,102	-0,110
Кадровый потенциал комплекса производства СПМ (Y5)	0,000	0,000	0,009	0,027	0,051	0,085	0,000	0,000	0,003	0,004	0,006	0,010	0,014	0,018	0,022
Политика комплекса производства СПМ в области качества (Y6)	0,020	0,041	0,067	0,101	0,141	0,194	0,020	0,041	0,063	0,085	0,106	0,125	0,144	0,163	0,182
Технический и технологический уровень производства слитков высококачественного ниобия, сплава ниобий-титан, бронзы (Y7)	0,020	0,041	0,066	0,093	0,132	0,184	0,020	0,041	0,063	0,080	0,102	0,125	0,144	0,163	0,182
Технический и технологический уровень производства стрендов (Y8)	0,000	0,000	0,006	0,022	0,034	0,076	0,000	-0,040	-0,056	-0,071	-0,086	-0,102	-0,118	-0,134	-0,150
Эффективность технического обслуживания производства СПМ, состояние его зданий и сооружений, уровень охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности (Y9)	0,000	0,000	0,006	0,023	0,046	0,083	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,004	0,011	0,018	0,025	0,032
Степень поддержки производства СПМ со стороны инженерно-технических служб предприятия (Y10)	0,000	0,000	0,003	0,019	0,041	0,073	0,000	0,000	0,003	0,006	0,007	0,013	0,019	0,025	0,031
Показатели конкурентоспособности производства СПМ (Y11)	0,000	0,000	0,004	0,013	0,019	0,041	0,000	-0,040	-0,057	-0,076	-0,099	-0,111	-0,123	-0,135	-0,147
Результативность маркетинга СПМ и их продвижения на различные сегменты рынка (Y12)	0,000	0,000	0,003	0,018	0,038	0,068	0,000	-0,040	-0,058	-0,070	-0,084	-0,095	-0,106	-0,117	-0,128
Имидж производства СПМ (Y13)	0,020	0,040	0,061	0,085	0,105	0,134	0,020	0,040	0,059	0,076	0,089	0,104	0,119	0,133	0,147
Роль ОАО «ТВЭЛ» в стратегии развития производства СПМ (X14)	0,000	0,000	0,006	0,009	0,021	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Поддержка создания и развития производства СПМ со стороны организации-разработчика технологии (ОАО «ВНИИНМ») (X15)	0,000	0,000	0,008	0,022	0,042	0,072	0,000	0,000	0,005	0,011	0,019	0,028	0,036	0,044	0,052
Деятельность НИИ, НПО, вузовской науки по сопровождению и совершенствованию производства СПМ (X16)	0,000	0,000	0,008	0,022	0,042	0,072	0,000	0,000	0,005	0,011	0,019	0,028	0,036	0,044	0,052

\* Сценарий А – при дополнительной поддержке ключевых факторов комплекса, сценарий В – при перераспределении приоритетов поддержки от факторов наименее многозначного влияния к ключевым факторам, серым фоном выделены приращение компонентов производства, превышающие порог чувствительности ( $\geq 0,01$ ), жирным шрифтом выделены их значимые приращения ( $\geq 0,05$ ) в сравнении с базовым уровнем в рамках инерционного прогноза.

зируемых в среднесрочной перспективе результатов развития по сценарию «В» в сравнении с инерционным сценарием (табл. 5) свидетельствует о том, что действующая в настоящее время стратегия развития рассматриваемой организационно-технической системы является достаточно эффективной, по крайней мере с позиций полноты выполнения обязательств нашей страны как участника международного проекта ИТЭР в части поставки сверхпроводящих стрендов.

### Заключение

Создание в Российской Федерации промышленного производства сверхпроводящих материалов потребовало решения целого ряда нестандартных технических, технологических, организационных и экономических задач. Необходимость сохранения опыта, накопленного при становлении и развитии данной уникальной организационно-технической системы, и его тиражирования при переходе к инновационной экономике обусловили привлечение адекватных методических средств. В связи с этим в настоящей работе представлены возможности метода качественного моделирования для обобщенной оценки действующего состояния основных составляющих производственного комплекса, их трендов, ожидаемых в будущем в рамках имеющейся ресурсной базы и особенностей менеджмента. Определены ограничения и возможные несоответствия в динамике различных структурных составляющих. Представлены результаты выявления ключевых факторов, стимулирующих развитие производства СПМ и дополнительно повышающих его конкурентоспособность.

### Библиографический список

1. *Ансофф И.* Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1989. – 519 с.
2. *Pillkahn U.* Using Trends and Scenarios as Tools for Strategy Development. Shaping the Future of Your Enterprise. – Erlangen. : Publics Corporation Publishing, 2008. – 452 p.
3. *Бринза В.В., Юрьев А.Б., Коровин А.В., Кузнецов И.С.* Прогнозирование результатов технического перевооружения металлургических предприятий // Национальная металлургия. 2002. № 4. С. 49 – 56.
4. *Бринза В.В., Коровин А.В., Лосицкий А.Ф. и др.* Технический комплекс металлургического завода: моделирование перспектив развития // Национальная металлургия. 2003. №1. С. 87 – 94.
5. *Рождественский В.В., Бринза В.В., Котрехов В.А.* Оптимизация последовательности этапов реконструкции многостадийного производства // Цветные металлы. 2007. №10. С. 14 – 23.
6. *Бринза В.В., Германова А.А., Кузнецов И.С.* Альтернативы посткризисного развития металлургических предприятий: прогнозирование последствий // Экономика в промышленности. 2010. №3. С. 10 – 19.
7. *Беишелев С.Д., Гурвич Ф.Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. Изд. 2-е. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
8. *Робертс Ф.С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
9. *Минько Э.В., Минько А.Э.* Теория организации производственных систем. – М.: Экономика, 2007. – 493 с.
10. *Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н.* Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем – М.: СИНТЕГ, 2004. – 291 с.
11. *Фурсова М.Н., Ильин А.А., Моисеева Л.В.* Анализ хозяйственной деятельности: учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2000. – 74 с.
12. *Беляев А.А., Коротков Э.М.* Системология организации: учеб. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 182 с.
13. *Parmenter D.* Key Performance Indicators (KPI): – N.Y. John Wiley Sons, 2007. – 256 p.
14. Стратегии бизнеса: аналитический справочник / Под ред. Г.В. Клейнера. – М.: «КОНСЭКО», 1998. – 496 с.
15. *Максимов В.И.* Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций // В сб. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций. Труды международной конференции. Том 1. – М.: Институт проблем управления РАН. 2003. С. 4 – 27.