

УДК 658.512:65.011.14

© 2008 г. **А.Р. Денисов**, канд. техн. наук,
М.Г. Левин, д-р техн. наук
(Костромской государственной университет им. Н.А. Некрасова)

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

В статье рассматриваются вопросы построения системы поддержки и принятия решений по повышению эффективности процессов конструкторско-технологической подготовки производства.

Введение

В современном глобальном мире российская экономика может эффективно развиваться лишь при активном взаимодействии с мировым рынком товаров и услуг, вследствие чего для нашей страны назрела необходимость включиться в работу международных экономических организаций, в том числе Всемирной торговой организации. При этом Россия будет вынуждена открыть свои собственные рынки для иностранных компаний, что неизбежно приведет к усилению внутренней конкуренции (принцип национального режима) [1].

Повысить конкурентоспособность отечественных предприятий можно путем внедрения современных производственных и управленческих технологий, которые должны затрагивать все этапы жизненного цикла продукции, в том числе и конструкторско-технологическую подготовку производства (КТПП). Однако выбор таких технологий для внедрения затруднен вследствие практической невозможности оценки их эффективности. Для решения данной проблемы применительно к этапу КТПП была разработана система поддержки принятия решений (СППР), позволяющая лицу принимающему решение (ЛПР), определить дальнейшие пути повышения эффективности соответствующих процессов (рис. 1).

Пути повышения эффективности процессов КТПП

Для этого методом построения дерева целей был проведен анализ существующих подходов к повышению эффективности процессов КТПП [2], в результате выявлены следующие критерии эффективности.

К1 – *степень документированности проектов*. Оцениваются количество и качество формируемых проектных документов. Максимальная эффективность достигается в случае формирования всех документов, определяющих качество

проектируемого изделия и процессов его изготовления, в том числе всех документов, установленных в качестве отечественных нормативов.

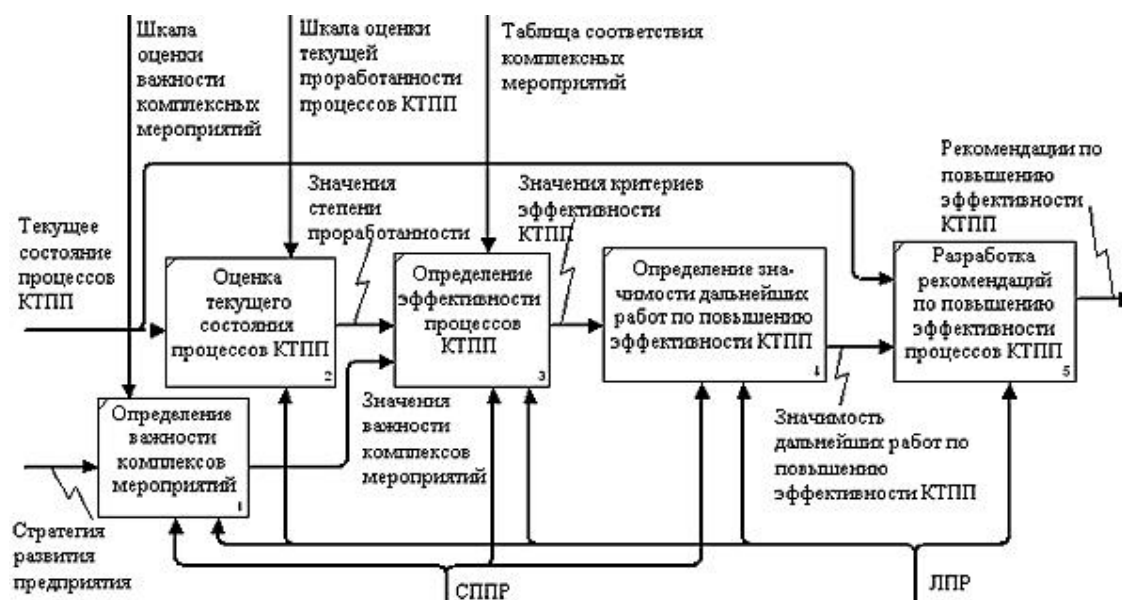


Рис 1. IDEF0-диаграмма выбора путей повышения эффективности процессов КТПП машиностроительного предприятия.

К2 – гибкость производства [3]. Устанавливается способность предприятия реагировать на изменения на рынке. Максимальная эффективность достигается в случае, когда предприятие постоянно ищет новые рынки на основе маркетинговых исследований, при этом структура его производственных участков позволяет быстро переориентироваться на выпуск новой продукции.

К3 – наличие интегрированной логистической поддержки (ILS) [4]. Определяется способность предприятия повышать качество выпускаемой продукции на основе взаимодействия с потребителем.

К4 – качество сырья и материалов. Оценивается качество выбираемых при проектировании материалов. Максимальная эффективность достигается в случае, когда выбор материалов при проектировании определяется достижением наилучшего качества проектируемых изделий, при этом материалы поставляются от проверенных поставщиков по принципу «точно во время» [5]; на предприятии также широко используется аутсорсинг.

К5 – бездефектное производство. Определяется эффективность системы управления качеством продукции, в том числе включающей комплекс мероприятий КТПП по выявлению и устранению причин возможного производственного брака.

К6 – оптимизация производственной структуры. Устанавливается эффективность мероприятий по минимизации непроизводственных потерь (транспортировка, складирование, простои и т.п.), в том числе и на этапе КТПП.

К7 – проектная организация. Оценивается степень взаимодействия специалистов различных служб КТПП с целью получения технологичной конструкции проектируемого изделия. Максимальная эффективность достигается в случае, ко-

гда предприятие имеет проектную организацию служб КТПП, при этом в процессе КТПП изменения могут вноситься в любой документ до окончательного утверждения результатов проекта.

К8 – *использование технологических средств технологического оснащения (СТО)*. Определяется эффективность мероприятий по выбору технологических СТО для изготовления проектируемых изделий.

К9 – *планирование процессов КТПП*. Оценивается качество планирования процессов КТПП на предприятии. Максимальная эффективность достигается в случае, когда при планировании определяются структура проектных работ, сроки их выполнения и требуемые для этого ресурсы, при этом в структуру процессов КТПП включены точки контроля результатов проектирования.

К10 – *Автоматизация этапов КТПП*. Устанавливается степень автоматизации основных этапов КТПП.

К11 – *Единое информационное пространство (ЕИП)*. Оценивается степень интеграции автоматизированных систем в ЕИП.

Каждый критерий определяет внедряемые на предприятии технологии (комплексы мероприятий), а следовательно, и альтернативные пути повышения эффективности.

При выборе пути повышения эффективности необходимо оценить важность каждого комплекса мероприятий. Для этого используется шкала, представленная в табл. 1.

Таблица 1

	Необходимо	Желательно	Может быть	Не имеет значения	Недопустимо
Необходимо	—	—	7	5	10
Желательно	—	—	6	4	8
Может быть	7	6	3	2	7
Не имеет значения	5	4	2	0	5
Недопустимо	10	8	7	5	—

Рассматриваемая задача является наименее формализованной, так как предполагает учет множества внешних факторов, в первую очередь определяющих стратегию развития предприятия. Поэтому при ее решении ЛПР можно либо самостоятельно оценить важность каждой альтернативы, либо указать свое отношение к утверждениям (табл. 2), определяющим максимальное и минимальное значения соответствующих критериев эффективности.

Анализ текущего состояния процессов КТПП

При проведении анализа текущего состояния процессов КТПП в первую очередь необходимо оценить степень проработанности в соответствии с выявленными критериями эффективности. Для этого предлагается шкала (табл. 3), по которой ситуации, определяющие минимальное и максимальное значения каждого критерия эффективности, оцениваются как «0» и «1» соответственно.

Таблица 2

Утверждения	
К1	В проектную документацию будут включены документы, определяющие качество выпускаемой продукции, даже если их наличие не регламентируется ни одним стандартом
	С целью сократить сроки и стоимость проектных работ не будет сформирован ряд документов, определяющих качество продукции, либо наличие которых регламентируется существующими стандартами
К2	В состав предприятия будет входить маркетинговая служба, отвечающая за поиск новых рынков сбыта, а структура вашего производства будет позволять быстро переориентироваться на выпуск новых видов продукции
	Сокращение затрат на проведение маркетинговых исследований и повышение гибкости производства
К3	На предприятии будет внедрена система постоянного повышения качества выпускаемой продукции, в том числе на основе взаимодействия с потребителями
	С целью сокращения затрат на предприятии не будут проводиться мероприятия по постоянному повышению качества выпускаемой продукции (в том числе изменение проектной документации)
К4	Повышение качества продукции через использование качественных материалов
	Использование более дешевых, но заведомо менее качественных материалов
К5	На этапе проектирования будут проведены работы по устранению возможных причин производственного брака при изготовлении изделий
	сокращение объема проектных работ (и соответствующих затрат), даже если это приведет к увеличению дефектов выпускаемой продукции
К6	При проектировании будут проведены работы по минимизации таких непроизводительных потерь как хранение, транспортировка, простой оборудования и т.п.
	Сокращение объема проектных работ (и соответствующих затрат), даже если это приведет к увеличению таких непроизводительных потерь как хранение, транспортировка, простой оборудования и т.п.
К7	Для формирования наиболее технологичных конструкций изделия будет обеспечено большее взаимодействие конструкторов и технологов через совместное выполнение проектных работ
	Строго последовательное выполнение этапов проектирования (конструкторского, технологического и т.п.), даже если это ведет к снижению технологичности конструкции изделия и увеличению сроков проектных работ
К8	Использование технологичных СТО и методов обработки, позволяющих повысить качество изделий и производительность их изготовления при возможном увеличении себестоимости
	Максимальное использование универсальных СТО, что позволяет сократить расходы на их приобретение, даже в ущерб производительности и качеству выпускаемых изделий
К9	На предприятии будет внедрена система планирования проектных работ, позволяющая оценить структуру, сроки и требуемые ресурсы самих работ и всего проекта в целом
	Сокращение расходов за счет отказа от планирования проектных работ
К10	Сокращение сроков проектных работ за счет их автоматизации
	Сокращение расходов за счет отказа от приобретения (разработки) систем автоматизации проектных работ
К11	Сокращение сроков и повышение качества проектных работ посредством создания единого информационного пространства (автоматизация процессов передачи и хранения проектных документов)
	Сокращение расходов за счет отказа от создания единого информационного пространства (автоматизация процессов передачи и хранения документов)

Таблица 3

Критерии эффективности процессов проектирования		Оценка
К1*	Перечень формируемых документов соответствует ЕСКД	+0,3
	Перечень формируемых документов соответствует ЕСТД	+0,3
	Перечень формируемых документов соответствует ISO 9000	+0,4
К2*	Предприятие постоянно ищет новые рынки сбыта (маркетинг)	+0,2
	Структура производственных участков позволяет быстро переориентироваться на выпуск новой продукции	+0,5
	В процессе КТПП выполняются мероприятия по повышению гибкости производства	+0,3
К3*	Проводится анализ логистической поддержки	+0,3
	Проводится планирование технического обслуживания и ремонта	+0,2
	Проводится планирование материально-технического обеспечения	+0,2
	Разрабатываются электронные технические руководства	+0,3
К4*	Выбор материалов при проектировании определяется достижением наилучшего качества продукции, а не «наличием на складе»	+0,3
	Материалы поставляются от проверенных поставщиков	+0,3
	Материалы поставляются по принципу «точно во время»	+0,2
	На предприятии также широко используется аутсорсинг	+0,2
К5*	В процессе КТПП выполняются мероприятия по выявлению и устранению причин возможного производственного брака	+0,2
	Внедрена система статистического анализа причин возникновения брака	+0,5
	Разработаны комплексы мероприятий по изменению утвержденной конструкторско-технологической документации с целью устранить причины возникающего производственного брака	+0,3
К6*	Внедрена система учета и контроля непроизводственных потерь	+0,5
	Разработан комплекс мероприятий по устранению непроизводственных потерь, в т.ч. и на этапе КТПП	+0,5
К7*	Возможно параллельное выполнение этапов КТПП в одном проекте	+0,5
	Возможно изменение ранее утвержденных документов	+0,3
	Внедрена проектная или матричная структура управления КТПП	+0,2
К8	Доля технологических операций с использованием специальных и специализированных СТО	
К9*	Осуществляется планирование структуры проектных работ	+0,2
	Осуществляется планирование сроков выполнения работ	+0,4
	Осуществляется планирование требуемых ресурсов	+0,1
	В структуру процессов КТПП включены точки контроля (верификации и валидации) результатов проектирования	+0,3
К10	Определяется через коэффициент автоматизации	
К11*	Реализован электронный обмен данными между этапами КТПП	+0,3
	Реализован электронный обмен данными между производством и КТПП	+0,1
	С поставщиками и потребителями осуществляется обмен данными на электронных носителях в удобной для получателя форме	+0,2
	Создано интегрированное пространство данных [7]	+0,2
	Используется принцип однократности хранения документов	+0,2

* Степень проработанности по каждому критерию определяется как сумма оценок реализованных на предприятии мероприятий.

Оценка эффективности процессов КТПП

Основной проблемой принятия решений по повышению эффективности процессов КТПП является то, что каждое такое решение, повышая эффективность в соответствии с одним критерием, может привести к ее снижению по другим критериям. Поэтому их необходимо оценивать комплексно. Для этого целесообразно использовать QFD-анализ [6]: проанализировать ситуации, определяющие максимальные и минимальные значения всех критериев эффективности. Бланк QFD-анализа представлен в виде табл. 4.

Таблица 4

Задача	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9	К10	К11	Итого
Важность												
Макс. документирование	3	-1	3	3	3	1	0	-1	-1	1	3	
Мин. документирование	-3	1	-3	-3	-3	0	0	-3	1	0	0	
Повышение гибкости производства	-1	3	3	1	1	-1	3	-1	3	3	3	
Отказ от повышения гибкости	1	-3	-3	0	3	3	0	3	1	1	0	
Поддержка ILS	3	3	3	3	3	0	-1	-1	0	0	3	
Отказ от ILS	-3	-3	-3	-1	-3	0	1	0	0	0	1	
Использование качественного сырья	3	1	3	3	3	3	1	3	1	0	3	
Использование дешевого сырья	-3	-1	-3	-3	-3	-3	-1	-3	-1	0	1	
Бездефектное производство	3	1	3	3	3	0	3	3	-1	3	1	
Отказ от бездефектного производства	-3	-1	-3	0	-3	0	1	3	1	0	0	
Оптимизация структуры производства	1	-1	0	3	0	3	3	3	0	3	0	
Отказ от минимизации потерь	0	1	0	0	0	-3	0	-3	1	1	0	
Проектная организация	0	3	-1	1	3	3	3	3	1	-1	1	
Функциональная организация	0	-3	1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	1	0	
Использование технологичных СТО	-1	-1	-1	3	3	3	3	3	-1	3	3	
Использование универсальных СТО	3	3	0	0	-3	-3	0	-3	3	0	0	
Планирование КТПП	3	3	0	1	-1	0	1	-1	3	3	3	
Отказ от планирования КТПП	-3	-3	0	0	1	0	-3	1	-3	0	1	
Автоматизация КТПП	1	3	0	0	3	3	-1	3	3	3	-1	
Отказ от автоматизации КТПП	-1	-3	0	0	-3	-3	1	-3	-3	-3	-3	
Интегрированное информационное пространство	3	3	3	3	1	0	1	3	3	-1	3	
Сегментированное пространство	0	-3	-3	-3	-1	0	-1	-3	-3	3	-3	

Степень соответствия таких ситуаций определялась на основе экспертного опроса ведущих конструкторов и технологов ряда машиностроительных предприятий Костромы.

Такой подход позволил определить максимально возможную эффективность процессов КТПП:

$$Z_n = (C_{\text{макс}} - C_{\text{мин}}) \cdot B, \quad (1)$$

где Z_n – множество показателей максимальной эффективности; B – множество показателей важности путей повышения эффективности для предприятия; $C_{\text{макс}}$ и $C_{\text{мин}}$ – матрицы степеней соответствия ситуаций, определяющих максимальные и минимальные значения всех критериев эффективности (см. табл. 4).

Для оценки текущей эффективности было сделано следующее допущение: *изменение степени проработанности любого комплекса мероприятий линейно изменяет степень соответствия данного комплекса каждому критерию:*

$$Z_m = (C_{\text{макс}} - C_{\text{мин}}) \cdot (B \cdot СП), \quad (2)$$

где Z_m – множество показателей текущей эффективности; B – множество показателей важности путей повышения эффективности для предприятия; $СП$ – множество показателей степени проработанности процессов КТПП; $C_{\text{макс}}$ и $C_{\text{мин}}$ – матрицы степеней соответствия ситуаций, определяющих максимальные и минимальные значения всех критериев эффективности (см. табл. 4).

Таким образом, становится возможным оценка значимости дальнейших работ по повышению эффективности процессов КТПП машиностроительного предприятия:

$$Z = Z_n - Z_m. \quad (3)$$

Пример использования системы

Предлагаемая система была использована для оценки текущего состояния процессов КТПП и путей повышения их эффективности на Костромском заводе автоматических линий.

Первоначально, были определены значения важности и степени проработанности каждого комплекса мероприятий по повышению эффективности КТПП (рис. 2а – без учета важности комплексных целей; рис. 2б – с учетом важности). Далее была произведена оценка максимально возможной и текущей эффективности процессов КТПП на обследуемых предприятиях (рис. 3а – эффективность). Оценка значимости дальнейших работ по повышению эффективности КТПП исследуемых предприятий приведена на рис. 3б.

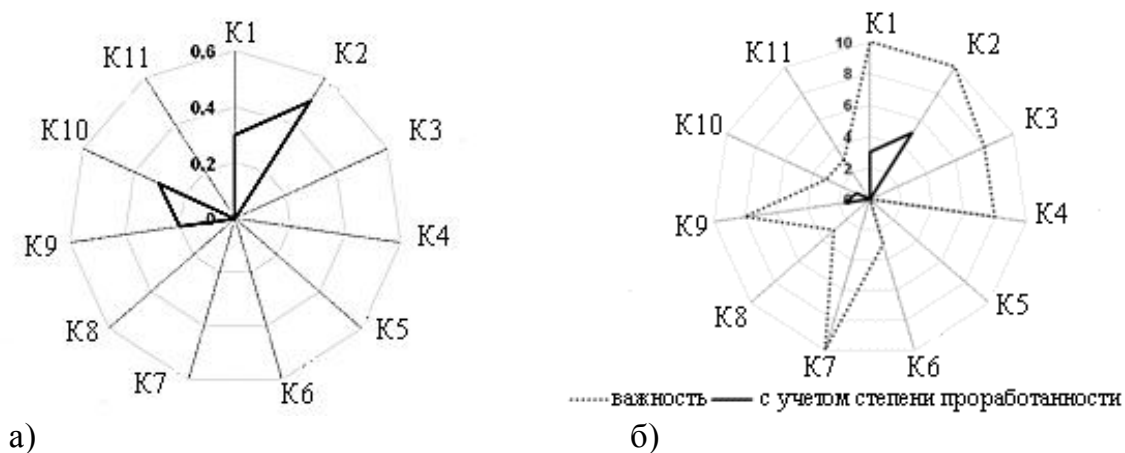


Рис. 2. Степень проработанности процессов КТПП.

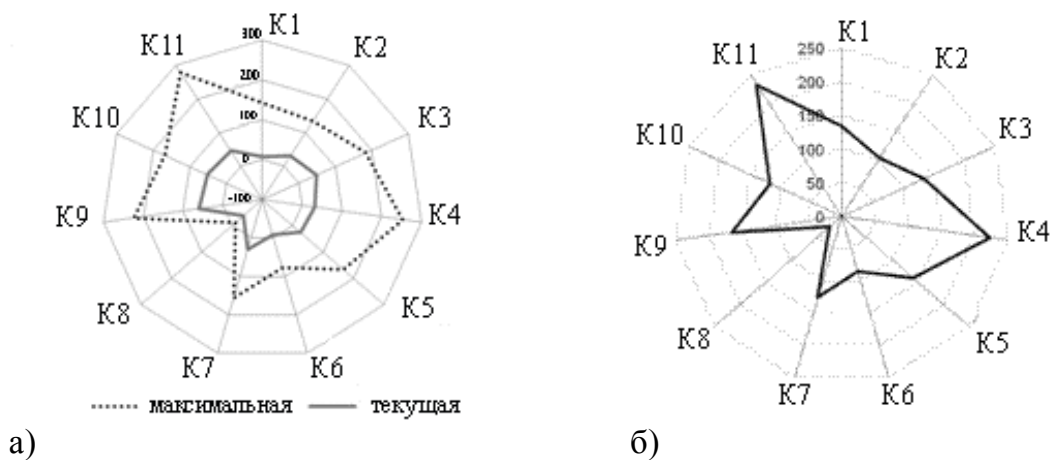


Рис. 3. Эффективность процессов КТПП.

Полученные результаты показывают, что для предприятия в первую очередь необходимо:

построить единое информационное пространство предприятия, что невозможно без автоматизации отдельных этапов КТПП;

обеспечить контроль качества используемых сырья и материалов;

реализовать на предприятии принципы группового проектирования и эффективную систему планирования проектных работ.

Также следует обратить внимание на повышение гибкости производственной системы вследствие высокой важности соответствующего комплекса мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Народнохозяйственные последствия присоединения России к ВТО: доклад Национального инвестиционного совета и Российской академии наук.* – 2002. – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tpprf.ru/img/uploaded/2002081511411592.zip>
2. *Денисов А.Р., Левин М.Г.* Подходы к организации конструкторско-технологической подготовки производства // Проблемы теории и практики управления. – 2008. – №7. – С. 52-61.
3. *Беляева О.П.* Организационные методы повышения гибкости производственных систем: дис. ... канд. техн. наук – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2006.
4. *Судов Е.В.* Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. – М.: МВМ, 2003.
5. *Вумек Д.П., Джонс Д.* Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.
6. *Чейз Р.Б., Джейкобз Ф.Р., Аквилано Н. Дж.* Производственный и операционный менеджмент. Учеб. пособие – 10-е изд. – М.: Вильямс, 2007.
7. *Евгеньев Г.Б.* Системология инженерных знаний. Учеб. пособие для вузов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Е.А. Ереминым.