

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

*Е.И. Махаринский, В.И. Ольшанский,  
Ю.Е. Махаринский, Н.В. Беляков*

Проблема эффективности использования ресурсов в настоящей работе будет рассматриваться по отношению к техническим системам (ТС), которые эксплуатируются в машиностроении и легкой промышленности. Системный подход к проблеме заключается в том, что эффективность использования ресурсов рассматривается для всех этапов жизненного цикла ТС. Кроме того, по мнению авторов, следует учитывать необходимость решать не только модные задачи повышения энергоэффективности, но и задачи рационального использования других видов ресурсов: интеллектуальных, материальных и временных. Все виды расходуемых ресурсов, в конечном счете, можно привести к финансовым. Если ТС не предприятие, а производственный цех или участок, поточная (автоматическая) линия или отдельная машина, то все виды затрат ресурсов следует относить к рассматриваемой технической системе.

В общем случае жизненный цикл достаточно сложных ТС состоит из следующих этапов:

- 1) маркетинговые исследования (анализ и оценка потребности);
- 2) опытно-конструкторские работы (проектирование, изготовление и испытание опытного образца ТС, корректировка проекта);
- 3) технологическая и организационная подготовка производства;
- 4) индивидуальное, серийное или массовое изготовление ТС;
- 5) продажа ТС;
- 6) монтаж и эксплуатация ТС;
- 7) ликвидация ТС.

Этапы 1...5 относятся к изготовителю, а 6 и 7 к потребителю ТС. На рисунке 1 показана схема связей между этапами жизненного цикла ТС. Эти связи отражают взаимовлияние результатов, полученных на предыдущих этапах, на последующие с учетом обратного влияния.

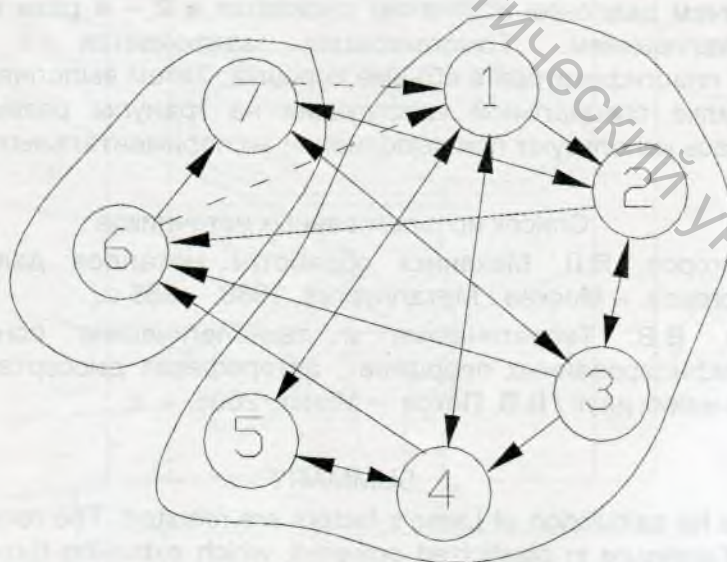


Рисунок 1 - Схема связей между этапами жизненного цикла ТС

На первом этапе с учетом рассматриваемых классов ТС анализируются и оцениваются только технические, организационные и производственные потребности. Иногда они ясны для руководства предприятием (фирмой). Но чаще всего они не очевидны. Новые потребности возникают, а прежние исчезают в результате изменения имеющихся возможностей их удовлетворения. Изучение сегодняшних потребностей не всегда позволяет предсказать, что будет нужно в будущем, когда появятся новые технические возможности. На этом этапе на основании анализа рынка и оценки необходимых финансовых ресурсов формулируется цель проектирования и создания ТС.

Неверный выбор цели приводит к затратам интеллектуальных ресурсов на проектирование и финансовых на создание никому не нужной ТС. Или возможна ситуация, когда следствием отказа от одной из возможных целей являются упущенные возможности получения прибыли или проигрыш в конкурентной борьбе. Основная задача процедуры выбора цели – распознать в общих чертах объект проектирования и его окружение. Инструментом для определения цели является инженерное прогнозирование – научно обоснованная информация, отражающая в виде вероятностной категории потенциальные возможности развития техники. Эффективность инженерного прогнозирования перед началом проектирования ТС весьма значительна, и расходы на его выполнение всегда окупаются.

Одним из направлений инженерного прогнозирования является оценка вероятности использования новых технических решений. Для повышения эффективности работы в этом направлении необходимо на основе анализа исследовательских работ и авторских свидетельств и патентов создавать базы знаний по интересующим предприятие (фирму) проблемам.

Второй этап жизненного цикла ТС является самым важным, так как именно на нем закладываются необходимый уровень показателей качества предполагаемой ТС и возможность экономного расходования всех видов ресурсов на всех последующих этапах жизненного цикла. При этом следует учитывать, что решения принимаются в условиях неопределенности с тяжелыми последствиями в случае ошибки.

Особое значение в отношении расходования ресурсов имеют следующие направления рационального проектирования:

- 1) применение прогрессивных методов и средств проектирования (принятия решений, автоматизированных технических расчетов и методов оптимизации);
- 2) улучшение технико-экономических показателей и характеристик ТС (надежности, удельного уровня расходования энергоресурсов и ресурсов живого труда);
- 3) применение прогрессивных материалов (рационального сортамента и марок исходных материалов, металлозаменителей);
- 4) обеспечение технологичности конструкции компонентов ТС (технологической рациональности и преемственности).

Следует рассматривать и учитывать производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность.

Среди всех операций проектирования можно выделить класс **алгоритмических** операций, для которых уже созданы формальные модели. К ним относятся все виды расчетов. Однако алгоритмические операции и процедуры составляют лишь часть процесса проектирования. Кроме них, широко применяются **эвристические** процедуры, которые отличаются от алгоритмических неопределенностью постановки задачи, методами ее решения и окончательными результатами. Эвристические процедуры выполняются методом проб и ошибок или различными методами «направленного» поиска.

Под эвристическим методом понимается последовательность предписаний или операций обработки информации, которая выполняется для поиска более рациональных и (или) новых технических решений. Для таких последовательностей

нет обоснованных доказательств, что они являются лучшими в смысле быстродействия или трудоемкости решения задачи, и нет гарантий нахождения наилучшего или глобально оптимального решения.

К наиболее эффективным, проверенным на практике эвристическим методам относятся:

- 1) морфологический анализ и синтез ТС;
- 2) поисковое проектирование с помощью систематизированных накопителей информации;
- 3) системный анализ функций ТС;
- 4) поиск физических принципов действия на основе банка данных физических эффектов;
- 5) наборы эвристических приемов.

**Эвристический прием** представляет собой предписание или указание, как преобразовать имеющееся или аналогичное техническое решение или в каком направлении искать, чтобы получить искомые результаты. Использование эвристических методов, адаптированных для коллектива конструкторов и технологов отдельного предприятия или группы родственных предприятий, позволит существенно повысить эффективность поиска новых технических решений по сравнению с традиционным методом проб и ошибок. Адаптация эвристических методов для определенных классов задач, а также преобразование некоторых эвристических методов в алгоритмические является широким полем для приложения сил научного коллектива кафедры.

Генеральным направлением в создании новой технологии проектирования является развитие автоматизированного проектирования с использованием средств искусственного интеллекта. Для этого необходимы разработки формальных методов генерирования технических решений, позволяющих возложить на компьютер поиск возможных конфигураций проектируемой ТС в рамках реально достигнутого уровня знаний, а также выделение лучших технических решений.

Такая технология проектирования позволила бы избежать необходимости априорного задания эвристически выбранных допустимых вариантов технических решений по организации проектируемой ТС и осуществить направленное формирование ее оптимальной конфигурации по выбранным критериям с учетом влияния интегративного эффекта.

Закладываемые на втором этапе жизненного цикла ТС показатели (критерии) качества, поддающиеся количественной оценке, можно разделить на следующие основные группы:

- 1) геометрические (габариты) и массовые (материалоемкость),
- 2) кинематические и динамические,
- 3) надежности,
- 4) энергетические,
- 5) экономические.

Методы расчета указанных критериев качества приведены, например, в работе [4]. Каждый из них можно использовать для формирования суперкритерия, с помощью которого можно найти глобальный оптимум качества проектируемой ТС.

Важным этапом жизненного цикла ТС является технологическая подготовка ее производства. На этом этапе закладываются не только эффективность расходования ресурсов предприятия, выпускающего ТС, но и обеспечение требуемого уровня показателей ее качества. Чтобы использовать эту возможность, необходимы разработки и исследования новых высокоэффективных технологических методов обработки и ремонта (восстановления), новых типов оснастки, инструмента и технологического оборудования.

Любое предприятие (фирма), массово выпускающее определенную продукцию, стремится обеспечить минимум удельных затрат  $W_u$ . Эти затраты можно определить согласно следующей модели

$$W_u = (W_k / TO + W_T + W_{жс}) / N_r, \text{ руб./шт;} \quad (1)$$

где  $W_k$  – капитальные затраты (стоимость производственной системы и затраты на технологическую подготовку производства);  $TO$  – нормативный срок окупаемости;  $W_T$  – текущие годовые затраты, которые обеспечивают работоспособность системы;  $W_{жс}$  – годовые затраты живого труда (на зарплату рабочих и наладчиков с учетом накладных расходов);  $N_r$  – годовой выпуск.

$$W_T = W_{э} + W_{Te} + W_M + W_a + W_{об} + W_{орг}; \quad (2)$$

где  $W_{э}$  – годовые затраты электроэнергии на технологические нужды, на освещение и вентиляцию, на уборку и первичную переработку отходов;  $W_{Te}$  – годовые затраты на транспортировку, распределение, преобразование и потребление тепловой энергии;  $W_M$  – годовые затраты на сырье (заготовки) и вспомогательные материалы;  $W_a$  – годовые затраты на амортизацию и содержание здания, рабочих и складских помещений, оснастки и инструментов;  $W_{об}$  – годовые затраты на амортизацию, обслуживание и ремонт технологического оборудования и оснастки;  $W_{орг}$  – годовые затраты на организацию и управление производством.

Следует учитывать, что  $W_{об}$  зависят от времени эксплуатации технической системы. Так как ее изнашивание приводит к повышению затрат на ремонт.

Тогда средняя прибыль  $\Pi_r$  на единицу выпускаемой продукции будет

$$\Pi_r = C - W_o; \quad (3)$$

где  $C$  – оптовая цена выпускаемой продукции производственно-технического назначения, которая должна отражать затраты на производство, установленные налоги и прибыль, необходимую для воспроизводства, установленную с учетом качества продукции и конъюнктуры рынка.

Для серийного производства  $N_r$  – суммарный годовой выпуск всех объектов производства, а затраты на технологическую и организационную подготовку производства удобнее учитывать в текущих затратах.

Прежде чем выбрать направление научных исследований и ОКР, необходимо хотя бы в первом приближении оценить относительную долю по всем видам затрат, упомянутых в моделях 1 и 2. Эти «весовые коэффициенты» позволят определить степень эффективности относительного изменения каждого из видов затрат и повышения производительности (увеличения  $N_r$ ) на уменьшение удельных затрат  $W_u$ .

В качестве таких весовых коэффициентов можно принять относительные затраты  $W_o$  на изготовление единицы выпускаемой продукции:

$$W_o = \frac{100 \cdot (W_k / TO + W_T + W_{жс})}{W_u \cdot N_r} \% \quad (4)$$

Анализ относительных затрат на машиностроительных предприятиях с мелкосерийным и массовым типом производства показал, что распределение затрат по видам существенно зависит от типа производства (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Распределение относительных затрат  $W_o$  на машиностроительном предприятии

Виды затрат	Тип производства	
	Мелкосерийный	Массовый
На материалы и покупные полуфабрикаты, %	25,050	67,400
На основную и дополнительную зарплату производственных рабочих, %	10,740	5,800
На основную и дополнительную зарплату вспомогательного персонала, %	6,080	1,886
На основную и дополнительную зарплату аппарата управления цехами и предприятием, %	6,370	3,512
На электроэнергию, %	7,700	4,440
На топливо, %	2,290	2,220
На амортизацию и ремонт оборудования, %	4,655	2,131
На амортизацию и ремонт зданий, %	2,415	1,010
На налоги и отчисления, %	17,000	2,607
На транспорт и износ МБП, %	4,590	1,540
На охрану труда и прочие расходы, %	13,110	6,854

Данные, приведенные в таблице, показывают, что сокращение только одного вида затрат ресурсов малоэффективно. Необходим комплексный подход.

На кафедре технологии и оборудования машиностроительного производства имеется определенный опыт проведения работ по повышению эффективности расходования разных видов ресурсов при эксплуатации технических систем. Это работы: 1) по энергосберегающим тепловым насосам с использованием ВЕР и высокоэффективным сушильным установкам для легкой промышленности; 2) по снижению затрат при восстановлении и ремонте сельскохозяйственной техники в полевых условиях; 3) по утилизации отходов гальванического производства; 4) по оптимальному управлению рабочим циклом шлифования на кругло- и плоскошлифовальных станках.

Кроме того, проводились работы по экономии временных и интеллектуальных ресурсов на этапе проектирования технологических процессов, металлорежущих станков и компактных производств. Продолжение перечисленных работ должно найти свое место в плане выполнения госбюджетной НИР на 2007... 2010 годы, направленных на повышение эффективности использования ресурсов на промышленных предприятиях города Витебска.

#### Список использованных источников

1. Гмошинский, В. Г. Теоретические основы инженерного прогнозирования / В. Г. Гмошинский, Г. И. Флиорент. – Москва : Наука, 1973.
2. Карпунин, М. Г. Жизненный цикл и эффективность машин / М. Г. Карпунин, Я. Г. Любинецкий, Б. И. Майданчик. – Москва : Машиностроение, 1989.
3. Мюллер И. Эвристические методы в инженерных разработках. / И. Мюллер; пер. с нем. – Москва : Радио и связь, 1984.
4. Нахапетян Е. Г. Определение критериев качества и диагностика механизмов. / Е. Г. Нахапетян. – Москва : Машиностроение, 1977.

5. Схиртладзе А. Г. Проектирование нестандартного оборудования / А. Г. Схиртладзе, С. Г. Ярушин. – Москва : Новое знание, 2006.

УДК 658.51:621.81

## МЕТОД ФОРМАЛИЗОВАННОГО СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЗАДАНИЙ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В СТАНКОСТРОЕНИИ

*Н.В. Беляков*

Несмотря на многочисленные исследования в области формализации проектирования технологических процессов механической обработки заготовок и создания теоретических основ функционирования систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), в настоящее время проблема формализации технологического проектирования еще окончательно не разрешена.

В серийном производстве такие детали, как корпуса, кронштейны и т.п., чаще всего относят к числу оригинальных, и на них проектируется индивидуальная технология, преимущественно операционная. Процедуры проектирования индивидуальных технологических процессов механической обработки корпусных деталей включают такие трудноформализуемые разделы, как синтез схем базирования, схем установки, маршрута обработки и основных технологических операций, выбор условий обеспечения заданной точности обработки и др. Принятие проектных решений здесь часто основывается на опыте и интуиции технолога. Поэтому для деталей данного класса САПР ТП (Pro/ENGINEER, EUCLID, UNIGRAPHICS, ADEM, SolidWorks (SWR-технология), T-FLEX (ТЕХНОПРО), КОМПАС (АВТОПРОЕКТ, Вертикаль), СПРУТ (GTP, САПР ТП), «Интермех» (Techcard), Consistent Software (TechnologiCS, FOBOS) и др.) не позволяют выполнять указанные процедуры в автоматическом режиме.

Также одной из причин отсутствия работоспособных методик и алгоритмов проектирования схем базирования и схем установки для корпусных деталей является несовершенство положений теории базирования, которая на сегодняшний день является предметом обсуждения многих специалистов и не представляет понятийного аппарата и инструментария для формализации процедур проектирования.

Вследствие этого разработка моделей, методик и алгоритмов синтеза проектных решений является актуальной задачей, решение которой даст возможность повысить качество проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей, а также повысить производительность труда в сфере подготовки производства корпусных деталей машин.

В настоящей статье приводятся основные результаты, полученные автором в ходе выполнения задания Межвузовской программы фундаментальных исследований «Разработка научных основ создания прогрессивных технологических процессов, оборудования и инструмента для машиностроительного производства Республики Беларусь» (Машиностроение-1), проводимой в 2001-2005г.г.

Для превращения положений теории базирования в формализованный точный раздел технологии машиностроения, позволяющий создать САПР ТП синтеза технологических процессов механической обработки и станочной оснастки, предлагается ряд мероприятий по усовершенствованию указанной теории [1-3]. Под практической целью теории базирования предлагается считать решение