

ДИНАМИЧЕСКАЯ ВАРИАНТНОСТЬ (АЛЬТЕРНАТИВНОСТЬ) ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

В.А. Блохин¹, А.И. Козлов², Д.Ю. Муромцев²

*ОАО «Тамбовоблгаз» (1);
Кафедра «Конструирование радиоэлектронных
и микропроцессорных систем», ТГТУ (2)*

Представлена членом редколлегии профессором Ю.Л. Муромцевым

Ключевые слова и фразы: альтернативные варианты; жизненный цикл проекта; принятие решений; управление проектами; функциональная модель.

Аннотация: Рассматривается метод динамической вариантности для управления высокотехнологичными проектами. Метод предусматривает параллельную разработку группы альтернативных вариантов проекта, анализ вариантов после каждого этапа жизненного цикла и возможность коррекции состава группы. Приводится пример использования метода при проектировании системы управления.

Введение

Успех деятельности большинства предприятий и, прежде всего, производящих высокотехнологическую продукцию – радиоэлектронные средства, вычислительную технику, программные продукты, системы управления и связи, во многом определяется способностью оперативно и качественно разрабатывать проекты. Проектные службы фирм, занимающих ведущие позиции в своих отраслях, используют широкий арсенал методов и средств, чтобы опередить конкурентов в создании новой продукции и расширении рынка сбыта. Этот арсенал включает информационные технологии маркетинга, управления проектами и рисками, повышения качества и параллельного ведения проектов, в том числе при территориальном рассредоточении проектных групп, использование многопроцессорных ЭВМ, функциональное и информационное моделирование, создание интеллектуальных архивов проектов и многопрофильных коллективов, защиту информации, стандартов по управлению проектами и т.д.

В развитых странах при формировании концепции, планировании, обосновании и выполнении проектов широкое применение находит принцип последовательного разбиения [1]. Этот принцип основан на методе декомпозиции и позволяет получить реалистические оценки времени, стоимости, рисков, рентабельности и других аспектов проекта на основе целостного охвата всех его факторов. В отечественной литературе при разработке управленческих структур некоторые фирмы широко применяют прототипы (шаблоны), например, "тройное правило", в основе которого лежит поиск аналогий и принятие решений с использованием известных алгоритмов и примеров [2]. Предполагаемые методологии предусматривают оптимизацию работ на каждом этапе проектирования.

В целом, при управлении проектами просматривается следующая тенденция: так как в условиях быстрого изменения ситуации на рынке высокотехнологичной продукции и обострения конкурентной борьбы старые количественные методы

планирования и принятия решений в условиях неопределенности не всегда оказываются эффективными, особенно на ранних стадиях проектирования, по мере уменьшения неопределенности при выполнении проекта на разных его стадиях целесообразно использовать различные группы методов, в т.ч. эвристические. Окончательную же оценку качеству выполняемого проекта даст потребитель.

Международный опыт показывает, что от 20 до 90 % всех проектов, связанных с созданием нового или улучшением существующего продукта, терпят провал по причине ошибочного мнения о состоянии рынка, на базе которого принимается решение о стратегии бизнеса компании. Это объясняется следующими обстоятельствами:

- отсутствует полная оценка того, что потребители действительно хотят получить, и сколько они готовы заплатить за это, т.е. решения не базируются на конкретных фактах, характеризующих рынок;

- недостаточны знания о продукте в период, предшествующий его появлению на рынке;

- не проводятся эксперименты, позволяющие улучшить продукт и процессы на раннем этапе их проектирования;

- создаваемый продукт и его стоимость не соответствуют ожиданиям потребителей, что должно устанавливаться на ранних стадиях жизненного цикла продукта;

- несовершенная работа и недостаточность знаний по принятию решений при проектировании.

В отношении неполноты сведений о состоянии рынка наиболее распространены две ситуации:

- 1) команда проекта и эксперты признают, что у них недостаточно знаний, тогда имеют место осторожность и медлительность в решениях, необходимы значительные ресурсы для сбора дополнительной информации;

- 2) проектировщики не признают, что у них недостаточно знаний, суждения путают с фактами, не могут оценить реальный риск, из-за этого возникают неудачи с реализацией проектов.

Принятие обоснованных проектных решений наряду с опытом и квалификацией в предметной области предполагает наличие глубоких знаний и умение применять статистические методы, обеспечивающие надежность интерпретации статистических данных и всеобъемность информации, а также простоту использования методов.

В статье предлагается метод, направленный на повышение вероятности успеха проектирования за счет параллельной разработки нескольких альтернативных вариантов, при этом состав этих вариантов и условия задачи корректируются по мере развития этапов жизненного цикла проекта.

1 Определения и постановка задачи

Любой проект представляет собой последовательность взаимосвязанных операций (решаемых задач), направленных на достижение конкретного значительного результата, например, создание нового продукта, выполнение работ по реинжинирингу и т.п.

Особенностями высокотехнологичных проектов являются: наличие неопределенностей и рисков, высокая стоимость (большие затраты), многоэтапность и значительное время выполнения работ, командный состав исполнителей, невозможность гарантированного получения ожидаемого результата, необходимость использования компьютерных технологий и методов параллельного проектирования. Большинство проектов выполняется в условиях конкурса (тендера); в этом случае успех достигается, если результат проектирования имеет ценность выше, чем у конкурентов, и он появляется "в нужное время в нужном месте".

Проект, рассматриваемый как процесс, имеет жизненный цикл (ЖЦ). Основными этапами (фазами) жизненного цикла проекта являются: мотивация, формирование концепции, проведение научно-исследовательских работ (планирование создания продукта), проектирование, производство (изготовление), внедрение (инсталляция) и завершение (закрытие). Результаты работ одного этапа используются для выполнения последующего. После завершения каждой фазы проекта принимаются ключевые решения.

Управление проектом охватывает процедуры контроля, планирования, распределения и регулирования ресурсов (трудовых, материальных, оборудования) с учетом различных ограничений (технических, бюджетных и временных) на всех этапах жизненного цикла проекта. Наиболее ответственными процедурами является принятие ключевых проектных решений при формулировке целей, формировании команды, утверждении пакета работ, рассмотрении целесообразности продолжения работ и др.

В общем случае задача управления проектом формулируется следующим образом.

Задаются:

- информация, относящаяся к инициации (мотивации) начала работ по проекту;
- ограничения на процесс проектирования (временные, материальные и др.);
- основные требования к предмету (объекту) проектирования;
- имеющиеся ресурсы для выполнения проекта.

Требуется:

- выбрать методологию (стандарт) выполнения проекта;
- сформировать команду исполнителей;
- последовательно выполнить этапы проектирования, решая на каждом этапе задачи по обеспечению максимума вероятности получения успешного конечного результата, или своевременно прекратить работы во избежание излишних затрат.

На выбор методологии и стратегии управления проектом оказывают влияние вид объекта и цели выполнения проекта, характер неопределенностей и рисков, возможность использования информационных технологий и параллельного проектирования.

Важнейшими компонентами, которые должны постоянно учитываться на всех этапах ЖЦ проекта, являются риск и затраты.

Под риском проекта здесь понимается вероятность того, что цели проекта не будут достигнуты и его выполнение не принесет ожидаемых результатов. Риск зависит от большого числа факторов, обусловленных недостаточной информацией или случайной природой явлений, от которых зависит успех проекта. К этим факторам относятся нестабильность экономической и политической ситуации, действия конкурентов, не абсолютная надежность производства, ошибки персонала и т.д. [3].

Затраты на проект учитывают все виды деятельности и используемые ресурсы в денежной оценке, они могут быть определены методом функционально-стоимостного анализа [4].

В зависимости от особенностей проекта и ситуации на предприятии возможны следующие основные задачи проектирования: 1) задача минимизации риска при ограничении на затраты; 2) задача минимизации затрат при ограничении на величину риска и 3) задача на удовлетворение ограничений по затратам и риску.

При оценке рисков рекомендуется:

- больше доверять конкретным фактам, а не абстрактным идеям;
- выражать факты в количественной форме, связанной с применением конкретных процедур измерения, а не с помощью слов и эмоций;

- осознавать, что наблюдения всегда ведутся над частью целого, и поэтому результаты содержат ошибки и отклонения;
- только в результате многочисленных наблюдений можно выявить устойчивую тенденцию, представляющую собой надежную информацию.

Как риск проекта, так и затраты на проектирование зависят от числа рассматриваемых альтернативных вариантов на стадиях ЖЦ проекта. При этом основным способом снижения риска являются увеличение числа вариантов, однако затраты в данном случае возрастают.

Поэтому для управления проектами необходимо использовать модели процесса проектирования, учитывающие число вариантов на каждом этапе ЖЦ.

2 Модель процесса проектирования и принцип динамической вариантности

Модели затрат и риска проекта рассмотрим при следующих предположениях:

- ЖЦ проекта включает предпроектную стадию и s стадий проектирования;
- число и состав рассматриваемых вариантов на i -й и j -й стадиях могут различаться, т.е. $V_i \neq V_j$, $i, j = \overline{1, s}$, $i \neq j$;

– общие затраты на проект могут рассматриваться как сумма затрат на отдельных стадиях ЖЦ;

– риск проекта оценивается по формулам умножения вероятностей сложных событий.

Если на j -м этапе разрабатывается множество альтернативных вариантов V_j , то общие затраты на выполнение проекта z_{Π} равны

$$z_{\Pi} = z_0 + \sum_{j=1}^s \sum_{v_i \in V_j} z_j(v_i) + \sum_{j=0}^s z_j^3, \quad (1)$$

где z_0 – затраты на выполнение предпроектной стадии; $z_j(v_i)$ – затраты на выполнение работ по варианту v_i на j -й стадии; z_j^3 – затраты на проведение сеанса экспертизы при завершении j -го этапа.

В случае, когда затраты на все варианты j -го этапа одинаковы, формула (1) принимает вид

$$z_{\Sigma} = z_0 + z_0^3 + \sum_{j=1}^s (\omega_j z_j + z_j^3), \quad (2)$$

где ω_j – число вариантов, рассматриваемых на j -м этапе.

В общем составляющие затрат z_j^3 , $j = \overline{1, s}$ зависят от числа вариантов ω_j .

В предположении, что события, заключающиеся в успешном выполнении работ по вариантам и стадиям, являются независимыми, для определения риска проекта Q_{Π} может быть использована следующая формула

$$Q_{\Pi} = 1 - (1 - q_0) \prod_{j=1}^s \left(1 - \prod_{i \in V_j} q_j(v_i) \right), \quad (3)$$

где q_0 – риск для предпроектной стадии; $q_j(v_i)$ – риск варианта v_i на j -й стадии.

Если риски на j -й стадии одинаковы для всех вариантов $v_i \in V_j$, то

$$Q_{\Pi} = 1 - (1 - q_0) \prod_{j=1}^s (1 - q_j^{\omega_j}). \quad (4)$$

Формулы (1), (3) составляют основу модели процесса проектирования, учитывающей различные варианты на этапах ЖЦ проекта. Из этих формул видно, что с увеличением числа рассматриваемых вариантов затраты z_{Π} увеличиваются пропорционально числу вариантов. Зависимость Q_{Π} от ω_j более сложная, с ростом числа вариантов риск проекта уменьшается по зависимости, близкой к гиперболической.

В целом процесс проектирования можно описать функциональной моделью в формате IDEFO, дополненной узлами принятия решений [5].

Основу функциональной модели описания процессов на различных стадиях проектирования с использованием принципа динамической вариативности (ДВ) составляют узлы из двух блоков – блока действия (Д) и блока принятия решения (ПР) или сеанса экспертизы, а также входы I , выходы O , управления C , механизмы или ресурсы M , критерий и метод Q , эксперты S и результаты решения R . Схема одного узла модели приведена на рис. 1.

Основная идея принципа динамической вариативности заключается в следующем. На первом этапе проектирования формируется множество (группа) альтернативных вариантов, которые начинают разрабатываться параллельно. После каждого этапа производится сеанс экспертизы и принимается решение о приоритетности вариантов и составе группы.

Принцип динамической вариативности базируется на следующих предпосылках:

- 1) на каждой фазе выполнения проекта рассматривается несколько альтернативных вариантов;
- 2) состав группы альтернативных вариантов после завершения очередной фазы может изменяться;
- 3) в качестве основного критерия при сравнении вариантов рассматривается вероятность достижения успеха (получения желаемого результата);
- 4) для каждой фазы ЖЦ характерны свои признаки генерации вариантов, например, способы действия объекта, техническое исполнение, учет возможных состояний функционирования и т.д.;

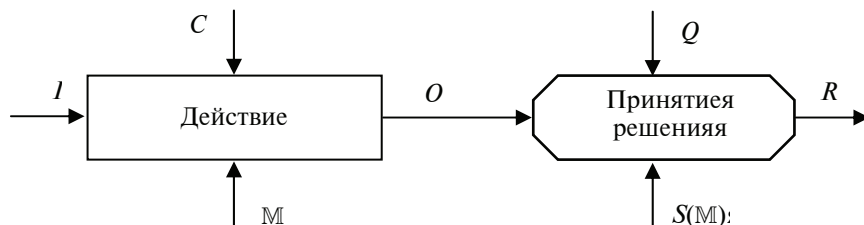


Рис. 1 Схема узла модели принятия решения

5) исключение "неперспективных" вариантов производится условно, в случае необходимости к ним можно возвращаться и продолжить их разработку;

6) исходные данные задачи проектирования по мере поступления новой информации в ходе жизненного цикла проекта корректируются и часть расчетов пересматривается (по принципу обратной связи).

При проведении сеансов экспертизы необходимо учитывать, что наблюдения ведутся лишь над частью целого, поэтому результаты содержат ошибки и отклонения; следует больше доверять конкретным фактам, а не абстрактным идеям; стремиться выражать факты в количественной форме, связанной с применением конкретных процедур измерения, а не с помощью слов и эмоций; устойчивые тенденции можно выявить только в результате многочисленных наблюдений, опирающихся на надежную информацию.

Данные предпосылки соответствуют многим рекомендациям для выполнения ответственных проектов, например: "все подвергай сомнению", "опора на факты", "оптимальное решение на каждом шаге не гарантирует общего оптимального результата", "рассматриваемое число вариантов ограничено возможностями (ресурсами) предприятия", "окончательный результат в ходе проектирования неизвестен".

Повышение вероятности успеха проектирования при использовании принципа ДВ достигается за счет следующих факторов:

- непосредственное рассмотрение нескольких вариантов;
- возможность изменения состава группы альтернативных вариантов по результатам выполнения отдельных этапов;
- анализ вариантов и принятие решения после каждого этапа;
- использование информации, поступающей в ходе проектирования, например, о характеристиках проектируемого продукта у возможных конкурентов;
- пересмотр ранее принятых решений на основе новой информации, существенной для проекта;
- применение нескольких критериев при сопоставлении вариантов.

Рассматриваемый метод учитывает два аспекта динамики выполнения проекта. Во-первых, на каждой стадии может изменяться число и состав альтернативных вариантов. Во-вторых, во время стадии проектирования (оно может составлять несколько месяцев и даже лет) могут изменяться различного рода параметры, относящиеся к постановке задачи и формулировке целей в связи с поступлением информации из внешней среды, например, о значениях ключевых компонентов объекта проектирования, их важность и т.д.

Применение метода ДВ рассмотрим на следующем примере.

3 Пример применения метода ДВ

Объектом проектирования является система управления прецизионной шестисекционной печью, используемой в производстве позисторов. Мотивацией проекта является большое энергопотребление, высокий процент брака и относительно низкая надежность нагревательных элементов печи (графитовых стержней).

Основными стадиями проектирования системы управления являются: маркетинговые (предпроектные) исследования, формирование концепции, идентификация модели объекта (научно-исследовательская работа (**НИР**)), эскизный проект (разработка алгоритмического обеспечения) и техническое проектирование (выбор аппаратных средств и программирование).

Модифицированная функциональная модель этих работ приведена на рис. 2. Рассмотрим подробно каждый этап проектирования, т.е. действия D_j и принятия решений PP_j , $j = 0, 4$.

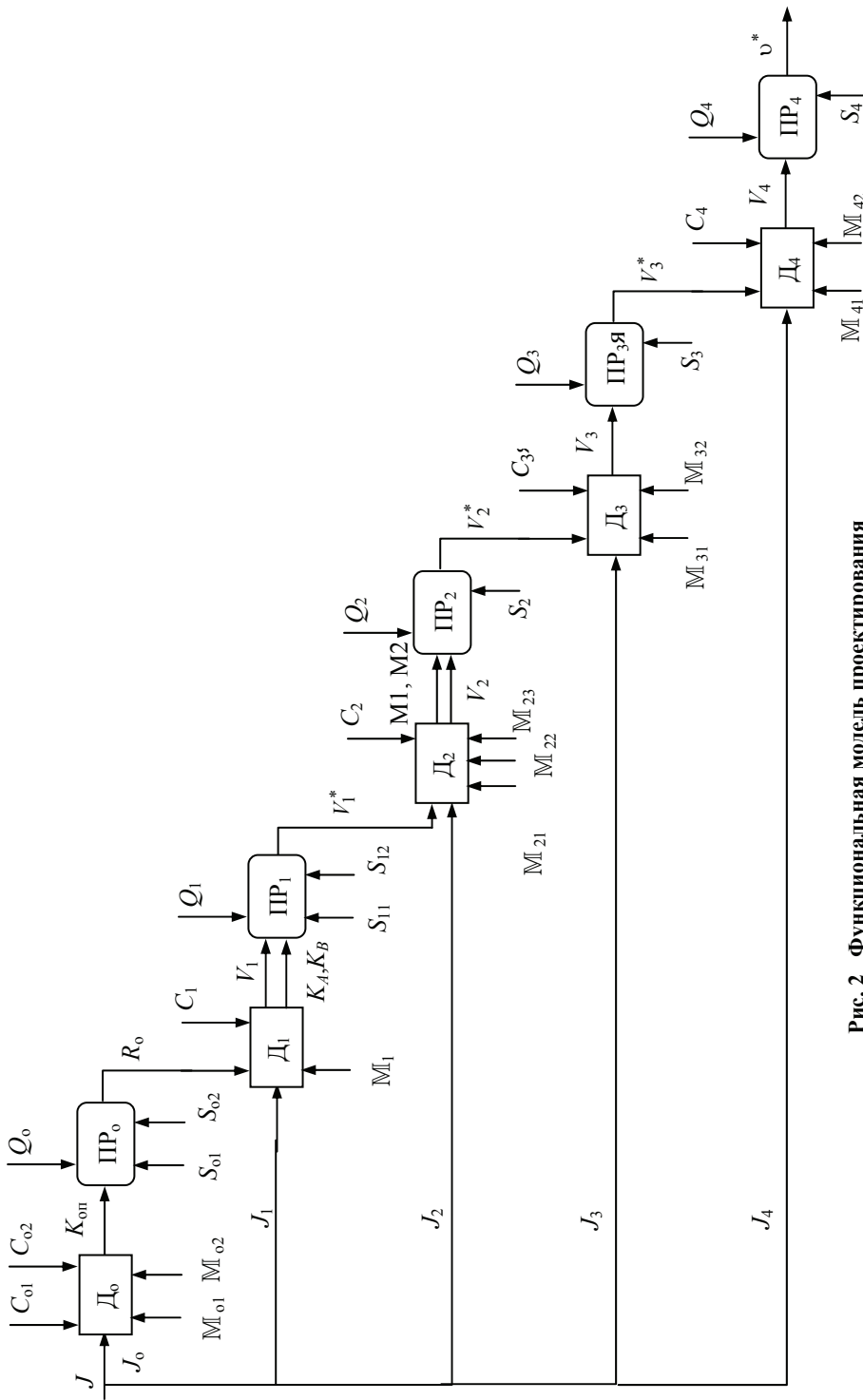


Рис. 2 Функциональная модель проектирования

D_0 – выполнение предпроектной стадии. На основе имеющейся информации J_0 разрабатывается ориентир проектирования системы управления в виде массива ключевых компонентов проекта (**ККП**)

$$K_{\text{оп}} = (k_3^{\text{оп}}, k_{\text{бр}}^{\text{оп}}, k_{\text{нд}}^{\text{оп}}, k_{\text{ок}}^{\text{оп}}),$$

где $k_3^{\text{оп}}$, $k_{\text{бр}}^{\text{оп}}$, $k_{\text{нд}}^{\text{оп}}$, $k_{\text{ок}}^{\text{оп}}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно снижение затрат энергии и брака (%), повышение надежности (%) и окупаемость системы управления (лет).

Управлениями c_{01} , c_{02} при разработке ККП являются технико-экономическая документация печи и методика разработки ККП, а основными ресурсами M_{01} – персонал службы маркетинга и M_{02} – Internet.

Учитывая неопределенность на рынке сбыта продукции, возможны две ситуации функционирования печи: h_1 – нормальное функционирование, т.е. печь загружена более 50 % календарного времени; h_2 – низкая загруженность печи (< 30 %). Эти условия характеризуются следующими значениями:

$$\begin{aligned} h_1: p(h_1) &= 0,6, & K_{\text{оп}}(h_1) &= (4; 6; 5; 2); \\ h_2: p(h_2) &= 0,4, & K_{\text{оп}}(h_2) &= (5; 8; 5; 2,5). \end{aligned}$$

Таким образом, выход блока D_0 содержит значения $K_{\text{оп}}(h_i)$, $p(h_i)$, $i = 1, 2$.

ПР₀. Для принятия решения на продолжение работ требуется оценить вероятность P_0 успешного выполнения проекта. С этой целью определяются вероятность $P_{\text{оп}}$ правильности выбора ОП, весовые коэффициенты компонентов (c_1 , c_2 , c_3 , c_4) и доли $d_k(h)$ массивов $K_{\text{оп}}(h)$, которые имеют достаточные основания для улучшения.

Эти значения определяются как средние на основе высказываний экспертов (S_{01}) и обработки результатов с использованием АРМ проектировщика (S_{02}) в соответствии с методикой проведения экспертизы Q_0 . В нашем случае

$$\begin{aligned} P_{\text{оп}} &= 0,95; & c_1 &= 0,35; & c_2 = c_4 &= 0,3; & c_3 &= 0,05; \\ d_k(h_1) &= c_1 + c_2 + c_4 = 0,95, & d_k(h_2) &= c_1 + c_4 = 0,65, \\ \bar{d}_k &= d_k(h_1)p(h_1) + d_k(h_2)p(h_2) = 0,83, \end{aligned}$$

и

$$P_0 = \bar{d}_k P_{\text{оп}} \approx 0,79.$$

При расчете $d_k(h_1)$ предполагалось, что имеются предпосылки для достижения значений $k_3^{\text{оп}}$, $k_{\text{бр}}^{\text{оп}}$, $k_{\text{ок}}^{\text{оп}}$, а при расчете $d_k(h_2)$ – $k_3^{\text{оп}}$, $k_{\text{ок}}^{\text{оп}}$.

Полученная вероятность $P_0 = 0,79$ (результат R_0) достаточно высока, и работы следует продолжить, риск примерно составляет 21 %.

Д₁. Разработка концепции и формирование множества альтернативных вариантов системы управления. В результате обследования печи и существующей системы управления в виде шести систем автоматического регулирования (**САР**) температуры в секциях разработана структура дерева, формирующего варианты v_i новой системы управления (рис. 3).

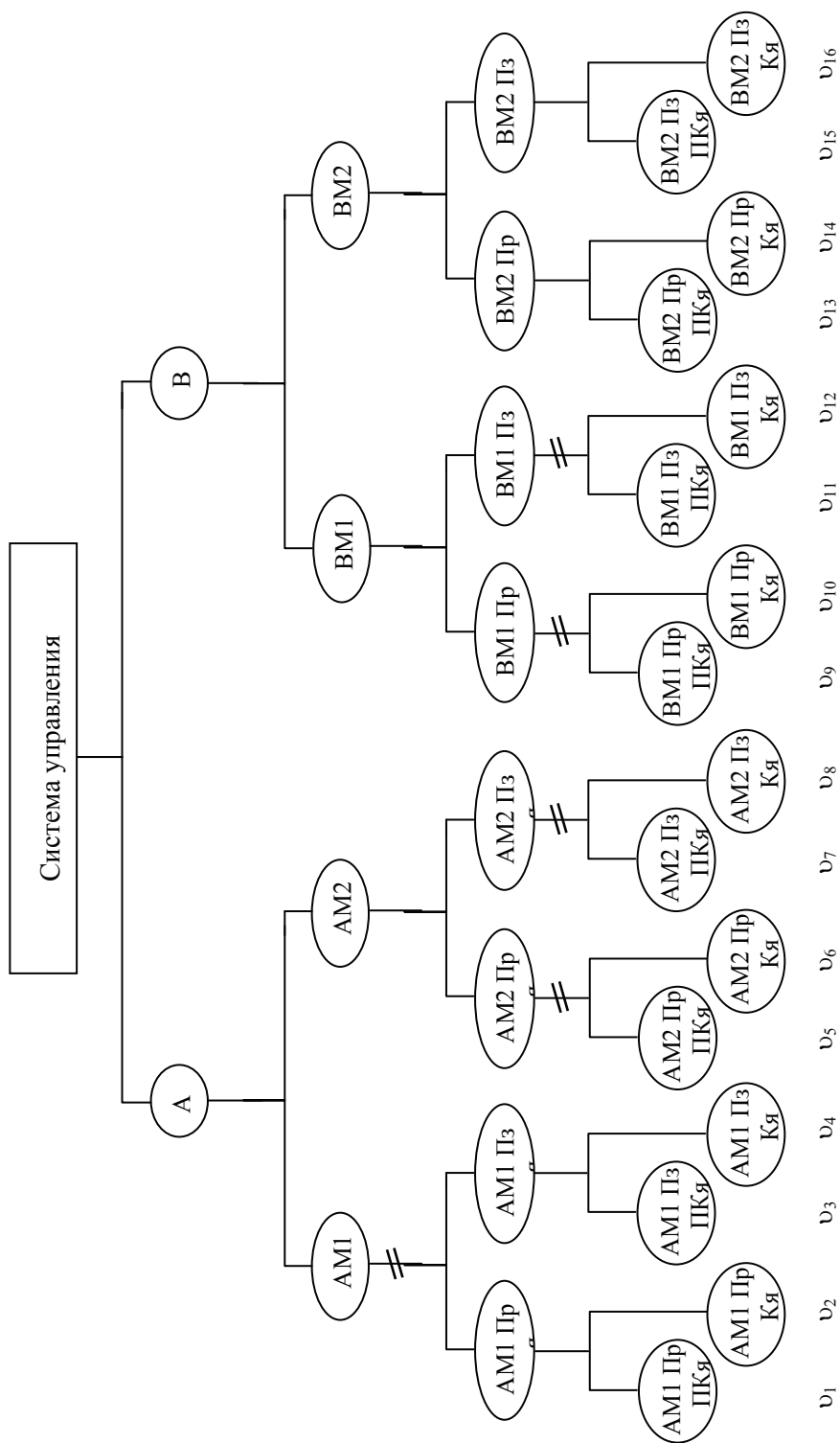


Рис. 3 Дерево формирования системы управления

Здесь ветвь, образующая подмножество вариантов с символом A , т.е. $v_1 = \Delta AM1PrPK$, $v_2 = \Delta AM1PrK$ и т.д., предусматривает разработку устройств энергосберегающего управления динамическими режимами нагрева и остывания печи, а также определения оптимальных режимов, обеспечивающих повышение качества продукции при сохранении существующих САР. Таким образом, варианты ветви A относятся к категории "мягкого" реинжиниринга.

Варианты ветви B предусматривают создание новой системы оптимального управления для режимов нагрева (остывания) и стабилизации температуры. Это варианты "жесткого" реинжиниринга. Таким образом, множество V_1 содержит 16 вариантов, различающихся, кроме вида реинжиниринга (A и B), моделями динамики (М1 – модели в форме одного дифференциального уравнения, М2 – модели в форме дифференциальных уравнений с разрывной правой частью), стратегиями реализации оптимального управления (Пр – программная, Пз – позиционная, т.е. с обратной связью по фазовым координатам) и аппаратными средствами (ПК – используется компьютер, К – контроллер).

В общем случае на каждом уровне иерархии (дерева) может рассматриваться большее число элементов, например, модели М1 различаются порядком дифференциального уравнения и т.д.

Для блока D_1 (см. рис. 2) управлениями являются: R_0 и C_1 – техническая документация; входами – информация J_1 о моделях, стратегиях и аппаратных средствах; основным механизмом M_1 – персонал службы автоматизации; выходом O_1 – множество вариантов V_1 и значения массивов ККП в форме "тройственных" оценок – нижняя граница (K_H), наиболее вероятное значение (\tilde{K}) и верхняя граница (K_B). Эти оценки имеют обобщенный характер для двух групп вариантов V_A с мягким реинжинирингом и V_B – с жестким и обозначаются соответственно $K_A = (K_A^H, \tilde{K}_A, K_B^B)$, $K_B = (K_B^H, \tilde{K}_B, K_B^B)$.

ПР1. Эксперты должны согласиться или скорректировать "тройственные" оценки $(k_{in}^v, \tilde{k}_i^v, k_{ig}^v)$, $v \in \{V_A \cup V_B\}$ вариантов. В случае поступления дополнительной информации во время выполнения 1-го этапа работ могут быть изменены вероятности $p(h)$, $h \in \{h_1, h_2\}$, значения $K_{оп}(h)$, а также введены новые ситуации.

Возможными исходами принятия решения на данном этапе являются:

– группы вариантов V_A и V_B остаются для последующего рассмотрения, если

$$\tilde{K}_A \sim \bar{K}_{оп}, \quad \tilde{K}_B \sim \bar{K}_{оп}, \quad \tilde{K}_A \sim \tilde{K}_B; \quad (5)$$

– остается только множество вариантов V_A , если

$$\tilde{K}_A \sim \bar{K}_{оп}, \quad \tilde{K}_B < \bar{K}_{оп}(h_1), \quad \tilde{K}_B < \bar{K}_{оп}(h_2), \quad \tilde{K}_A > \tilde{K}_B; \quad (6)$$

– остается только множество вариантов V_B , если

$$\tilde{K}_B \sim \bar{K}_{оп}, \quad \tilde{K}_A < \bar{K}_{оп}(h_1), \quad \tilde{K}_A < \bar{K}_{оп}(h_2), \quad \tilde{K}_A < \tilde{K}_B; \quad (7)$$

– группа вариантов V_A и V_B отклоняются для создания новых вариантов, если

$\exists i \in \{\text{э, бр, нд, ок}\} :$

$$\left\{ \left(k_i^{\text{оп}}(h_1) \cup k_i^{\text{оп}}(h_2) \right) \in \left[k_{\text{ин}}^{\text{в}}, k_{\text{ив}}^{\text{в}} \right] \right\} \vee \left\{ \left(k_i^{\text{оп}}(h_1) \cup k_i^{\text{оп}}(h_2) \right) \in \left[k_{\text{ин}}^{\text{в}}, k_{\text{ив}}^{\text{в}} \right] \right\}; \quad (8)$$

– работы по проекту прекращаются как неперспективные, если

$$\left\{ \left(k_i^{\text{оп}}(h_1) \cup k_i^{\text{оп}}(h_2) \right) \notin \left[k_{\text{ин}}^{\text{а}}, k_{\text{ив}}^{\text{а}} \right] \right\} \wedge \left\{ \left(k_i^{\text{оп}}(h_1) \cup k_i^{\text{оп}}(h_2) \right) \notin \left[k_{\text{ин}}^{\text{б}}, k_{\text{ив}}^{\text{б}} \right] \right\},$$

$$\forall i \in \{\text{э, бр, нд, ок}\}; \quad (9)$$

где $k_{\text{ин}}^{\text{в}}, (k_{\text{ив}}^{\text{в}})$ – минимальное (максимальное) значение i -го компонента $K_A^{\text{н}}(K_A^{\text{б}})$ или $K_B^{\text{н}}(K_B^{\text{б}})$; знак \notin в (9) следует понимать в том смысле, что все значения интервала $\left[k_{\text{ин}}^{\text{в}}, k_{\text{ив}}^{\text{в}} \right], \text{в} \in \{V_A \cup V_B\}$ "хуже" любого $k_i^{\text{оп}}(h), h \in \{h_1, h_2\}$.

На основе значений $(K_{\text{в}}^{\text{н}}, \tilde{K}_{\text{в}}, K_{\text{в}}^{\text{б}}), \text{в} \in \{V_A, V_B\}, K_{\text{оп}}(h), h \in \{h_1, h_2\}$ и соотношений (5) – (9) эксперты назначают тройственные оценки рискам $(q_{\text{н}}^{\text{в}}, \tilde{q}^{\text{в}}, q_{\text{в}}^{\text{в}})$ для реализации вариантов V_A и V_B . Эти риски используются для подсчета общих рисков по формулам:

$$\tilde{Q}_1^{\text{в}} = \left[1 - (1 - Q_{\text{оп}})(1 - \tilde{q}^{\text{в}}) \right] \cdot 100\%; \quad Q_{\text{оп}} = 1 - P_{\text{оп}};$$

$$Q_{1,j}^{\text{в}} = \left[1 - (1 - Q_{\text{оп}})(1 - q_j^{\text{в}}) \right] \cdot 100\%, \quad j \in [\text{н, в}], \quad \text{в} \in \{V_A, V_B\}. \quad (10)$$

Используя полученные значения $Q_1^{\text{а}}, Q_{1,\text{н}}^{\text{а}}, Q_{1,\text{в}}^{\text{а}}, \tilde{Q}_1^{\text{б}}, Q_{1,\text{н}}^{\text{б}}, Q_{1,\text{в}}^{\text{б}}$, принимается решение по результатам выполненных работ на этапе формирования концепции.

Пусть выполняется условие (5) и $(q_{\text{н}}^{\text{а}} = 0,02, \tilde{q}^{\text{а}} = 0,03, q_{\text{в}}^{\text{а}} = 0,05), (q_{\text{н}}^{\text{б}} = 0,04, \tilde{q}^{\text{б}} = 0,05, q_{\text{в}}^{\text{б}} = 0,07)$, тогда в соответствии с формулами (10)

$$\tilde{Q}_1^{\text{а}} = 1 - 0,95 \cdot 0,97 = 0,0785 \text{ (7,85 \%)}, \quad Q_{1,\text{н}}^{\text{а}} = 6,9 \%, \quad Q_{1,\text{в}}^{\text{а}} = 9,75 \%,$$

$$\tilde{Q}_1^{\text{б}} = 9,75 \%, \quad Q_{1,\text{н}}^{\text{б}} = 8,8 \%, \quad Q_{1,\text{в}}^{\text{б}} = 11,65 \%.$$

На основе рассмотрения рисков и учитывая, что стоимость работ следующего этапа незначительно зависит от числа рассматриваемых вариантов, ЛПП считает целесообразным продолжить исследования с $V_1 = V_A \cup V_B$.

Таким образом, для сеанса экспертизы ПР1 входами являлись: множество вариантов V_1 и информация K_A, K_B , управлением Q_1 – методика принятия решений, ресурсами – персонал (S_{11}) и АРМ – проектировщика (S_{12}), выходом R_1 – решение о множестве вариантов V_1 .

D_2 – выполнение НИР с целью идентификации модели динамики, выявления связей между входными и выходными переменными, определения оптимальных режимов.

На основе спланированных, проведенных и обработанных экспериментов получены два вида модели динамики М1, М2. Модель М1 в форме одного

дифференциального уравнения 3-го порядка, модель М2 – многостадийная, отдельные стадии описываются различными дифференциальными уравнениями 2-го порядка. Точность модели М2 несколько выше. С учетом М1 и М2 множество V_2 представляет собой объединение четырех альтернативных подмножеств

$$V_2 = V_{AM1} \cup V_{AM2} \cup V_{BM1} \cup V_{BM2}.$$

Кроме того, выделены факторы, которые существенно влияют на показатель $k_{\text{ср}}$, вместе с тем не обнаружено факторов, имеющих тесную связь с компонентой $k_{\text{нд}}$. На основе этого пересматриваются значения $K_{\text{оп}}(h_1)$, $K_{\text{оп}}(h_2)$, компонента $k_{\text{нд}}$ из массива ККП исключается. Новые значения $K_{\text{оп}}(h)$, $h \in \{h_1, h_2\}$ равны

$$\begin{aligned} h_1 : p(h_1) = 0,6, \quad K_{\text{оп}}(h_1) = (5; 8; 2), \\ h_2 : p(h_2) = 0,4, \quad K_{\text{оп}}(h_2) = (6; 10; 2,5). \end{aligned}$$

Соответственно изменяется состав и значения компонентов массивов массивов \tilde{K}_v , $K_{v,n}$, $K_{v,b}$, $v \in V_2$.

Спецификация входов I_2 , управлений C_2 , механизмов M_2 и выходов O_2 для блока D_2 содержат описание:

- входы – множество вариантов V_1 и информация J_2 ;
- управление C_2 – методика идентификация модели;
- механизмы M_{21} – оборудование и приборы для проведения экспериментов, M_{22} – программный модуль идентификации моделей динамики, M_{23} – персонал;
- выход O_{21} – модели динамики, O_{22} – множество вариантов V_2 .

ПР₂. Основными задачами принятия решения на данном этапе является сравнительный анализ подмножеств вариантов V_{AM1} , V_{AM2} , V_{BM1} , V_{BM2} и оценка для них значений риска.

Используя значения $(K_{v,n}, \tilde{K}_v, K_{v,b})$, $v \in V_2$ и $K_{\text{оп}}(h)$, $h \in \{h_1, h_2\}$ методом Парето-оптимизации эксперты формируют множество $V_2^{\text{п}} = \{V_{AM2} \cup V_{BM1} \cup V_{BM2}\}$ и по аналогии с ПР₁ (см. (10)) определяются риски \tilde{Q}_2^v , $\tilde{Q}_{2,j}^v$, $j \in \{n, b\}$, $v \in V_2^{\text{п}}$, которые для этих вариантов получились приемлемыми.

Таким образом, по результатам сеанса экспертизы ПР₂ число рассматриваемых на следующих этапах вариантов сокращается с 16 до 12. Спецификация входов, Q_2 , S_2 и R_2 для ПР₂ содержит:

- входы – модели динамики М1, М2 и множество вариантов $V_2^{\text{п}}$;
- управление Q_2 – методики Парето-оптимизации и расчета рисков;
- ресурсы S_2 – персонал группы экспертов и программное обеспечение модуля принятие решений;
- выход R_2 – подмножества вариантов V_{AM2} , V_{BM1} , V_{BM2} .

Д₃. На этапе эскизного проектирования выполняется анализ оптимального управления с целью определения возможных видов функций ОУ и стратегий реализации управления, а также оценки величины эффекта энергосбережения.

Возможные значения эффекта энергосбережения для вариантов $v \in V_2^{\text{П}} = V_{\text{АМ}2} \cup V_{\text{ВМ}1} \cup V_{\text{ВМ}2}$ оцениваются с использованием программных модулей экспертной системы "Энергосберегающее управление динамическими объектами". Исследования производятся с учетом возможных изменений напряжения сети и различных видов продукции.

Спецификация компонентов I_3, C_3, M_3, O_3 для D_3 содержит:

- входы – варианты системы $V_2^{\text{П}}$ и информация J_3 ;
- управление C_3 – методика анализа энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования;
- механизмы M_{31} – АРМ проектировщика с экспертной системой, M_{32} – персонал;
- выход O_{31} – алгоритмы управления, использующие программную стратегию (Пр), и алгоритмы с позиционной стратегией (Пз).

ПР₃. Для принятия решения при завершении эскизного проекта заполнялась матрица эффективностей по основному компоненту, т.е. проценту экономии энергозатрат k_3 . В табл. 1 занесены средние значения k_3 для трех состояний функционирования: H_1 – выпускается одна номенклатура продукции при стабильном напряжении сети; H_2 – одна номенклатура продукции и возможны колебания (отключения) сети; H_3 – выпускается продукция разных видов, что требует изменение заданий на температурный режим. Учитывая, что следующий этап технического проектирования требует значительных трудозатрат, необходимо существенно сократить число вариантов системы.

Данные табл. 1 обрабатываются разными методами – равной вероятности (критерий $q_{\text{рв}}$), Гурвица ($q_{\text{Г}}$), Шаньявского ($q_{\text{ш}}$) и максимина ($q_{\text{мм}}$). Рассчитанные значения критериев (при весовом коэффициенте $c = 0,5$ для $q_{\text{Г}}$ и $q_{\text{ш}}$) приведены в табл. 1. В соответствии с используемыми критериями наиболее предпочтительными следует считать варианты $v \in \{V_{\text{ВМ}2, \text{Пр}} \cup V_{\text{ВМ}2, \text{Пз}}\}$. Таким образом, число вариантов сокращается до четырех (см. рис. 3).

Спецификация входов, Q_3, S_3, R_3 для ПР₃ содержит:

- входы – алгоритмы управления для вариантов $V_3 = V_2^{\text{П}}$;
- управление Q_3 – методика принятия решений в условиях неопределенности;

Таблица 1

Матрица эффективностей и значения критериев для принятия решения по результатам эскизного проекта

Варианты	Состояния функционирования			$q_{\text{рв}}$	$q_{\text{Г}}$	$q_{\text{ш}}$	$q_{\text{мм}}$
	H_1	H_2	H_3				
$V_{\text{АМ}2, \text{Пр}} \cup V_{\text{АМ}2, \text{Пз}}$	6	5	7	6	6	5,5	5
$V_{\text{ВМ}1, \text{Пр}} \cup V_{\text{ВМ}1, \text{Пз}}$	7	8	12	9	9,5	8	7
$V_{\text{ВМ}2, \text{Пр}} \cup V_{\text{ВМ}2, \text{Пз}}$	9	11	10	10	10	9,5	9

– ресурсы S_3 совпадают с S_2 ;

– выход R_3 – подмножество вариантов $V_3^* = V_{BM2,Pr} \cup V_{BM2,Пз}$.

Матрице эффективностей (табл. 1) соответствует следующая матрица упущенных возможностей для определения критерия Сэвиджа q_c (табл. 2).

В соответствии с используемыми критериями наиболее предпочтительными следует считать варианты $v \in \{v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}\}$ (см. рис. 3).

Д4. В результате выполнения этапа технического проектирования должен быть разработан вариант системы управления, пригодной для окончательной реализации. Используя возможности экспертной системы и SCADA – системы Трейс–Моуд разрабатывается полное алгоритмическое и программное обеспечение для вариантов СОУ $v_{13} - v_{16}$ (рис. 4). Варианты v_{13}, v_{15} , использующие компьютер, обладают большими функциональными возможностями, чем варианты v_{14}, v_{16} (на контроллерах). Вместе с тем, последние варианты дешевле, для них меньше срок окупаемости. Варианты v_{15}, v_{16} имеют несколько выше точность соблюдения технологического регламента.

Спецификация компонентов D_4 :

- выход – варианты V_3^* и информация J_4 ;
- управление C_4 – методики проектирования алгоритмического и программного обеспечения;
- механизмы M_{41} – АРМ проектировщика с экспертной системой и SCADA – системой; M_{42} – персонал;
- выход O_4 – документация на варианты $v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}$.

Таблица 2

Сравнение вариантов по критерию Сэвиджа

Варианты	Состояния функционирования			q_c (n max)
	H_1	H_2	H_3	
$V_{AM2Pr} \cup V_{AM2Пз}$	3	6	5	6
$V_{BM1Pr} \cup V_{BM1Пз}$	2	3	0	3
$V_{BM2Pr} \cup V_{BM2Пз}$	0	0	2	2

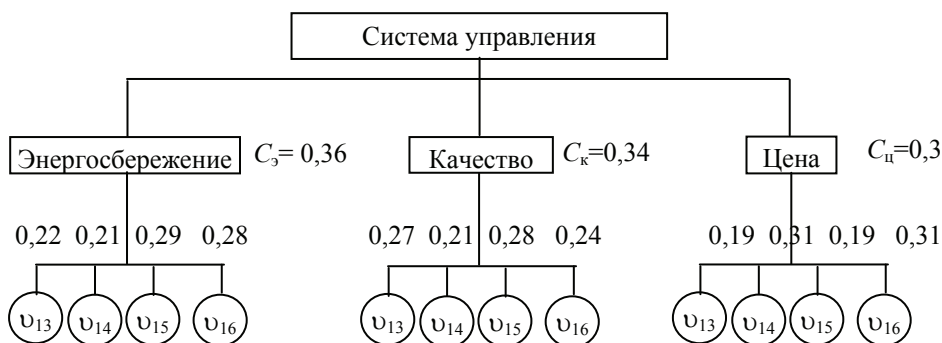


Рис. 4 Структура иерархии

ПР₄. Задачей сеанса экспертизы является выбор из четырех вариантов одного для практического внедрения. Для принятия решения использован метод иерархического анализа, в качестве критериев учитываются энергосбережение k_3 , снижение доли брака $k_{бр}$ и затраты $k_{ок}$ [6]. Структура иерархии и результаты промежуточных расчетов для этого случая приведены на рис. 4. Расчет рейтингов вариантов показывает $R(v_{13}) = 0,228$, $R(v_{14}) = 0,24$, $R(v_{15}) = 0,2566$, $R(v_{16}) = 0,2754$.

Таким образом, в качестве оптимального варианта выбирается вариант v_{16} , в котором используется модель М2, позиционная стратегия (Пз) и техническое средство – контроллер.

Спецификация компонентов ПР₄: выход – документация на варианты v_{13} , v_{14} , v_{15} , v_{16} ; управление Q_4 – методика принятия решений в условиях определенности; ресурсы S_4 – совпадает с S_2 ; выход R_4 – документация на вариант v_{16} .

Выводы

Предложенный метод и рассмотренный пример показывают, что использование принципа динамической вариантности расширяет возможности управления высокотехнологичными проектами за счет перераспределения состава альтернатив на стадиях жизненного цикла, более полного использования поступающей информации и эволюции методов принятия решений по мере уменьшения неопределенности при проектировании.

Список литературы

1. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 464 с.
2. 7 нот менеджмента. – М.: ЗАО "Журнал Эксперт", ООО "Издательство ЭКСМО", 2002.
3. Дубов А.М., Лагоша Б.А., Хрусталева Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: Учеб. пособие / Под ред. Б.А. Лагоши. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 176 с.
4. Скрипка К.Г. Экономическая эффективность информационных систем. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 256 с.
5. Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. Структурный анализ систем: ИЕЕФ-технологии. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 208 с.
6. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 912 с.
7. WWW.IDEF.COM.
8. WWW.IDEFINE.COM.
9. WWW.INTERFACE.RU.

Dynamic Variability (Alternativity) in Project Control

V.A. Blokhin, A.I. Kozlov, D.Yu. Muromtsev

Department "Designing of Radio-electronic and Microprocessor Systems", TSTU

Key words and phrases: alternative variants; decision making; functional model; project life cycles; project management.

Abstract: The method of dynamic variability (alternativity) for high technological project management is considered. The method involves parallel designing of alternative project group, analysis of variants after every life cycle stage and possibility of group composition correction. An example of method application when planning management system is given.

Dynamische Variationsmöglichkeit (Alternative) bei der Projektensteuerung

Zusammenfassung: Es wird die Methode der dynamischen Variationsmöglichkeit für die Steuerung von den hochtechnologischen Projekten betrachtet. Die Methode zieht die parallele Erarbeitung der Gruppe der alternativen Varianten des Projekts, die Analyse der Varianten nach jeder Etappe des Lebenszyklus und die Möglichkeit der Korrektur des Gruppenbestandes in Betracht. Es wird das ausführliche Beispiel der Nutzung der Methode bei der Projektierung des Steuersystems angeführt.

Variation dynamique (alternation) dans la gestion des projets

Résumé: Est examinée la méthode de la variation dynamique dans la gestion des projets de la haute technologie. La méthode prévoit l'élaboration parallèle d'une série des variantes alternatives du projet après chaque étape du cycle vital ainsi que la possibilité de la correction de la composition de la série. On donne l'exemple détaillé de l'utilisation de la méthode pour la conception du système de la gestion.
