

# КОМПЛЕКСНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.В. Захаров (Санкт-Петербург)

**Введение.** Целевые, вспомогательные и обеспечивающие процессы сложных технических объектов (СТО), к которым относятся современные судостроительные предприятия, должны быть согласованы. Только таким способом сегодня можно добиться прироста результативности функционирования рассматриваемых хозяйствующих субъектов.

Отличительными особенностями судостроительных предприятий являются большая размерность, избыточность связей и функций основных элементов и подсистем, а также их неоднородность. Также следует отметить нелинейность и непредсказуемость их поведения, иерархическую организацию; наличие структурной динамики [6]. Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что эффективное управление существующими и перспективными предприятиями невозможно без использования современных технологий промышленного интернета и корпоративных информационных систем (КИС).

**Особенности описания процессов функционирования корпоративной информационной системы.** Современная КИС включает в себя комплекс гетерогенных средств автоматизации, которые подвержены моральному и физическому старению. Учитывая постоянно увеличивающуюся зависимость бизнес-процессов (БП) от информационных услуг, оказываемых КИС, последствия снижения качества функционирования аппаратно-программных средств на данный момент весьма трудно предвидеть [8].

На основе вышеизложенных положений можно сделать вывод о том, что элементы и подсистемы КИС необходимо упреждающе (проактивно) модернизировать [3]. При этом прерывания БП следует исключить. Однако последние исследования показывают, что на данный момент не существует модельно-алгоритмического обеспечения комплексного планирования функционирования и модернизации КИС, которое позволило бы конструктивно учесть изменчивость основных структур судостроительных предприятий (технической, технологической, информационно и т.д.) на указанном этапе жизненного цикла [3,6].

Одновременно с этим выделим не менее значимую проблему, связанную с корректным комплексным описанием рассматриваемой предметной области. Традиционное представление взаимосвязей БП и КИС часто исключает возможность выявить основные закономерности функционирования информационной инфраструктуры и процессов выполнения целевых задач судостроительного предприятия (рисунок 1).

Таким образом, сегодня существует актуальная научно-техническая задача разработки специальных моделей, методов и алгоритмов комплексного планирования функционирования и модернизации КИС, которые позволят ликвидировать прерывания БП на указанном этапе жизненного цикла СТО.



Рис. 1 – Представление связей БП и КИС

**Концептуальное описание процессов функционирования судостроительного предприятия.** В рамках рассматриваемой методики при описании основных, обеспечивающих и вспомогательных операций КИС судостроительных предприятий предлагается опираться на принципы сервис-ориентированного и функционально-стоимостного подходов. В общем случае это позволит перейти от связи многие ко многим к связи один ко многим при моделировании процессов функционирования и модернизации информационной инфраструктуры (рисунок 2) [7].

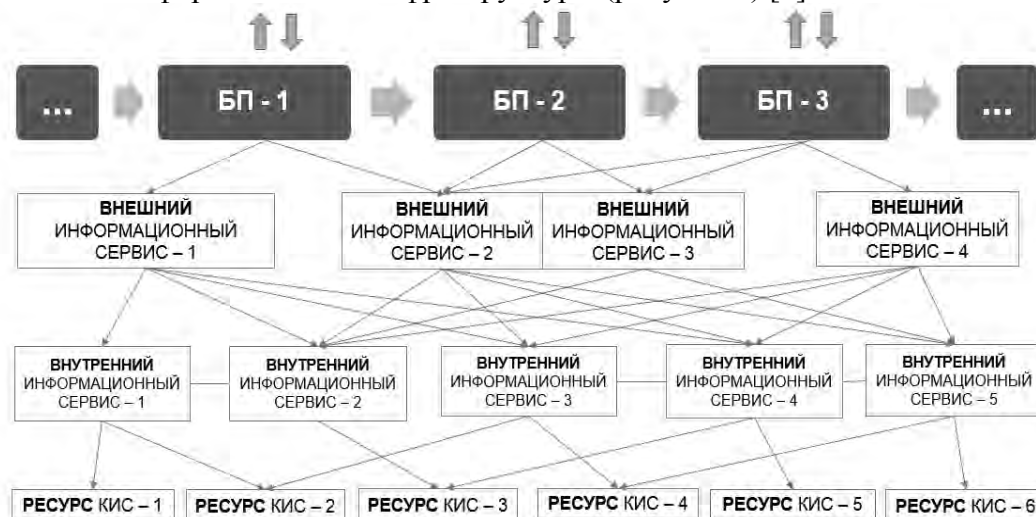


Рис. 2 – Описание функционирования КИС на основе сервис-ориентированного и функционально-стоимостного подходов

Важным этапом данного перехода является изменение объекта затрат, т.е., информационные, а не материальные процессы становятся объектом управления. В данном контексте сервисы (информационные услуги) характеризуются следующими атрибутами:

- содержанием (перечнем задач и средствами их решения);
- производительностью (объемом транзакций или операций в единицу времени);
- доступностью (общим временем поддержки КИС БП);
- уровнем (периодом времени непрерывной работы);

– стоимостью услуг для БП, т.е. ценой аутсорсинга или внутренними расчетными ценами.

Комплексное моделирование процессов функционирования и модернизации КИС на основе функционально-стоимостного анализа и сервис-ориентированного подходов позволяет:

а) сопоставить оценки функционально-стоимостного анализа для различных вариантов реализации КИС;

б) выявить «узкие места» как самой информационной инфраструктуры, так и рассматриваемых проектов по модернизации КИС;

в) оценить потребность БП в информационных услугах.

Эти возможности появляются благодаря объединению операций и ресурсов СТО и КИС в рамках обобщенных понятий (внешний и внутренний сервис, ресурс). В данном случае представленные на рисунке 2 связи можно интерпретировать и как технико-технологические ограничения, и как финансовые потоки, которые сформированы на основе проведенного ранее функционально-стоимостного анализа процессов функционирования судостроительного предприятия.

#### **Формальная постановка задачи комплексного планирования функционирования и модернизации КИС судостроительного предприятий.**

Принципиальное значение при разработке комплексных планов функционирования и модернизации соответствующих аппаратно-программных средств имеет сложность архитектуры КИС, многоцелевой характер использования существующих и внедряемых элементов и подсистем, многовариантность реализации функций управления КИС. Вместе с тем при анализе синтезируемых программ проведения модернизационных работ необходимо учитывать текущий и перспективный поток решаемых целевых и локальных задач СТО и КИС; функциональные требования, предъявляемые «новой» и «старой» системе; затраты ресурсов на конкретный вид деятельности и т.д.

Следовательно, существует множество сценариев модернизации КИС, каждый из которых характеризуется степенью достижения цели на различных уровнях рассматриваемого объекта и затратам ресурсов (материальных, энергетических, человеческих, финансовых, информационных). На практике возможен как единовременный отказ от существующей системы, так и эволюционный переход к «новой» системе. Модернизация может быть проведена собственными силами, с частичным привлечением сторонних специалистов, только внештатными сотрудниками. Среди указанных сценариев требуется найти наилучший.

Далее проведем формальную постановку задачи. Необходимо найти такое допустимое управление, которое удовлетворяет требуемым ограничениям и переводит рассматриваемый динамический объект из заданного начального структурного состояния в заданное конечное структурное состояние. Если таких управляющих воздействий несколько, то среди них необходимо выбрать, то при котором обобщенный показатель качества принимает экстремальное значение.

**Комплексное планирование функционирования и модернизации КИС судостроительного предприятия.** В рамках рассматриваемого подхода предлагается разработать полимодельный комплекс из трех логико-динамических моделей, который позволит с единых позиций описать процессы функционирования и модернизации КИС на различных уровнях, учесть структурную динамику исследуемого объекта, а также провести ресурсную и целевую координацию синтезируемых планов [5,6].

Ниже приведена логико-динамическая модель программного управления БП ( $M^{(1)}$ ), связанная с помощью смешанных ограничений с логико-динамической моделью программного управления сервисами КИС ( $M^{(2)}$ ).

$$M^{(1)} = \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{u} | \mathbf{x}_j^{(1)} = \sum_{s=1}^v u_{js}^{(1)}; \quad \sum_{j=1}^m u_{js}^{(1)}(t) \leq p \quad 0 \leq \sum_{s=1}^v u_{js}^{(1)}(t) \leq e; \\ \text{for } t \in (t_0, t_f] = T; x_j^{(1)}(t_0) = 0; \quad x_j^{(1)}(t_f) = a_j^{(1)}; \\ \sum_{s=1}^v u_{js}^{(1)} \left[ \sum_{\beta \in \Gamma_2} (a_\beta^{(1)} - x_\beta^{(1)}(t)) + \sum_{\eta \in \Gamma_3} (a_\eta^{(2)} - x_\eta^{(2)}(t)) \right] = 0; \\ u_{js}^{(1)} \in \{0, 1\}; j = 1, \dots, m; s = 1, \dots, v; \end{array} \right. \quad (1)$$

$$J_1^{(1)} = \int_{t_0} d\tau, \quad (2) \quad J_2^{(1)} = \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^v \int_{t_0}^{t_f} c_{js}^{(1)}(\tau) \cdot u_{js}^{(1)}(\tau) d\tau, \quad (3) \quad J_3^{(1)} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m [a_j^{(1)} - x_j^{(1)}(t_f)]^2, \quad (4)$$

где  $x_j^{(1)}$  – переменная, характеризующая состояние БП в момент времени  $t$ ;

$u_{js}^{(1)}$  – управляющее воздействие, принимающее значение «1», если операция БП

$D_j$  ( $j=1, \dots, m$ ) выполняется с использованием информационного сервиса  $V_s$  ( $s=1, \dots, v$ ), и значение «0» в противоположном случае. Верхние индексы (1) и (2) указывают на то, что управляющие воздействия и переменные относятся к модели программного управления БП и модели программного управления функционированием КИС соответственно;

$P, s$  – это заданные величины, которые описывают возможности информационного сервиса одновременно поддерживать несколько БП, а также потребности БП в использовании нескольких сервисов;

$t_0, t_f$  – начальный и конечный моменты времени;

$a_j$  – заданный объем операций;

$T$  – интервал времени, на котором рассматривается процесс функционирования и модернизации КИС;

$a_j^{(2)}$  – заданная константа, определяющая объем операций БП;

$\beta \in \Gamma_1$  – множество номеров операций, предшествующих и технологически связанных с операцией БП с помощью логических операций «И»;

$\eta \in \Gamma_2$  – множество номеров операций функционирования КИС. Другими словами, БП не может начаться до тех пор, пока не выполнены все предшествующие операции, входящие в технологический цикл управления БП. Одновременно с этим БП заблокирован до окончания предоставления необходимых информационных сервисов;

$c_{js}^{(1)}$  – стоимостная функция времени, описывающая затраты, связанные с реализацией БП на этапе модернизации КИС;

показатель качества вида (2) предназначен для максимизации быстродействия БП на этапе модернизации КИС;

(3) – это показатель качества, оценивающий суммарные затраты, связанные реализацией БП на этапе модернизации; показатель качества (4) введен для максимизации точности выполнения БП.

Опора на принципы сервис-ориентированного и функционально-стоимостного подходов позволяет учесть изменчивость всех основных пространственно-временных, технических и технологических ограничений. Кроме того, на формальном уровне конструктивно описать связи различных страт (БП, функционирования и модернизации КИС) на концептуальном, алгоритмическом и программных уровнях.

Алгоритм синтеза оптимальных программ (комплексных планов) функционирования и модернизации КИС базируется на методах локальных сечений Болтянского В.Г. и последовательных приближений Крылова-Черноузько [2, 4]. Использование данного подхода имеет ряд преимуществ, которые определены простотой машинной реализации, повышением качества, оперативности и обоснованности принимаемых решений. В общем случае благодаря итерационному счету удается синтезировать множество оптимальных программ функционирования и модернизации КИС, которые имеют строгое математическое обоснование и являются эталонами для планов, разработанных на основе эвристических методов [1].

**Заключение.** Опора на представленные в докладе принципы позволяет на содержательном уровне описания уменьшить размерность решаемой задачи, а также исключить методические ошибки в окончательных результатах, связанные с концептуальной постановкой задачи. При этом и на формальном уровне удастся провести оптимизацию комплексных планов функционирования и модернизации КИС на основе использования фундаментальных и практических результатов современной теории оптимального управления [2, 3, 6].

Так, за счет предложенного нелинейного преобразования исходных технических и технологических ограничений, описывающих исследуемую предметную область, появляется возможность, оставаясь в классе кусочно-непрерывных управляющих воздействий, получать во времени их целочисленные значения, определяющие конкретный оптимальный порядок выполнения разномасштабных взаимосвязанных операций и распределения разнотипных ресурсов КИС на этапе ее модернизации [2].

К перспективным направлениям дальнейших исследований можно отнести разработку методов учета функционирования эргатических подсистем, а также способов конструктивного анализа влияния рисков различной природы на устойчивость комплексных планов функционирования и модернизации КИС.

**Благодарности.** Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (19-08-00989, 20-08-01046), в рамках бюджетной темы 0073-2019-0004.

### Литература

1. **Аничкин А.С., Семенов В.А.** Современные модели и методы теории расписаний // Труды ИСП РАН. 2014. №3.
2. **Болтянский В.Г.** Математические методы оптимального управления. М.: Наука, 1966.
3. **Захаров В.В.** Программно-математическое обеспечение процесса модернизации сложных объектов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2020. Т. 63. №11. С. 975-984.
4. **Крылов И.А., Черноузько Ф.Л.** О методе последовательных приближений для решения задач оптимального управления // Журнал вычисл. матем. и матем. физ. – 1962. Т. 2. № 6. С. 1132-1139.
5. **Месарович М., Мако Д., Такахара Я.** Теория иерархических многоуровневых системы. – М.: Мир, 1973.
6. **Микони С.В., Соколов Б.В. Юсупов Р.М.** Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. М.: РАН, 2018. 314 с.
7. **Скрипкин К.Г.** Экономическая эффективность информационных систем в России: Монография. М.: МАКС Пресс, 2014. 156 с.
8. **Юсупов Р.М., Мусаев А.А.** Особенности оценивания эффективности информационных систем и технологий // Труды СПИИРАН. 2017. № 51 (2). С. 5-34.