

На правах рукописи

Сухобокос Артём Андреевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ
И АРХИТЕКТУРЫ СРЕДСТВ КОНТРОЛЛИНГА
ДЛЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
В СОСТАВЕ СИСТЕМ КЛАССА ERP II**

Специальность 05.13.10 Управление в социальных и
экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук



Москва 2009

Работа выполнена на кафедре «Системы обработки информации и управления»
Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Ревунков
Георгий Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доктор экономических
наук, профессор Омельченко Ирина Николаевна;
кандидат технических наук, старший научный
сотрудник Коргин Андрей Николаевич

Ведущая организация: Российская академия государственной службы
при Президенте Российской Федерации

Защита диссертации состоится «23» декабря 2009 г. в аудитории 230 – на
заседании диссертационного совета ДС 212.008.10 при Московском государст-
венном техническом университете имени Н. Э. Баумана по адресу:
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д.5

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
государственного технического университета имени Н. Э. Баумана

Автореферат разослан «18» ноября 2009 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент



Астрахов А. В.

2010A

2059



Общая характеристика работы

Опыт развития систем управления предприятиями показывает, что одной из важнейших подсистем современной системы управления предприятием является система контроллинга, обеспечивающая принятие оперативных и стратегических управленческих решений в условиях стихийного характера рынка, быстрых изменений в ценообразовании, конкуренции.

Де-факто, ядром любой современной системы управления предприятием является ERP-система. Средства контроллинга – важнейшие компоненты ERP-системы. Однако имеющиеся даже в самых развитых ERP-системах средства контроллинга не покрывают потребности, возникающие при создании систем управления предприятиями.

Межрегиональное предприятие – предприятие, соответствующее одному или двум критериям: 1) предприятие имеет подразделения или дочерние предприятия, расположенные в различных регионах; 2) цепочка поставок, в которую входит предприятие, проходит через различные регионы. Регион является административной или юридической единицей любого вида. Частным случаем межрегионального предприятия является транснациональное предприятие.

Целью диссертационной работы является разработка математического, научно-методического и архитектурно-технического обеспечения для построения подсистемы контроллинга АСУ класса ERP II межрегиональных предприятий. Создаваемая подсистема предназначена для расширения функциональности стандартных средств контроллинга систем класса ERP II и включает средства контроллинга затрат, контроллинга результатов и контроллинга эффективности.

Объектом исследования являются компоненты контроллинга в составе АСУ межрегиональных предприятий: модули и приложения контроллинга затрат, контроллинга результатов и контроллинга эффективности.

Предметом исследования является функциональность компонентов контроллинга систем ERP II.

Научная задача состоит в разработке математического, методического, архитектурного и программного обеспечения подсистемы контроллинга АСУ класса ERP II межрегиональных предприятий.

Поставленная задача декомпозирована на следующие научные подзадачи:

1. Анализ методов формализованного определения функциональности АСУ предприятий и обзор стандартной функциональности средств контроллинга ERP-систем. Разработка архитектуры средств контроллинга на основе классификации случаев недостаточной функциональности стандартных средств контроллинга ERP-систем.
2. Разработка методики, бизнес-процесса и схемы информационного взаимодействия механизма динамически создаваемых носителей затрат для применения в условиях динамично протекающих бизнес-процессов, характеризующихся большим числом объектов учёта (сотни и больше).
3. Применение методики учёта затрат в условиях динамично протекающих бизнес-процессов для учёта затрат при транспортировке нефтепродуктов,

разработка математической модели, алгоритмов, архитектуры и программного обеспечения модуля учёта затрат при транспортировке нефтепродуктов (модуль «Затраты»).

4. Разработка математической модели и схемы информационного взаимодействия модуля автоматизированного расчета оптимальных трансфертных цен (модуль «Трансфертные цены»), входящего в состав средств контроллинга результатов.
5. Разработка математической модели и схемы информационного взаимодействия модуля оптимального распределения инвестиционного бюджета (модуль «Инвестиции») на большое число проектов (десятки и больше), входящего в состав средств контроллинга эффективности.

Область исследования (специальность 05.13.10):

- разработка методов формализации и постановка задач управления в социальных и экономических системах (п. 2);
- разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах (п. 4);
- разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и принятия решений в социальных и экономических системах (п. 5);
- разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации экономических и социальных систем (п. 9).

Применяемые методы исследования: методы математического и стохастического программирования, методы теории графов, теории множеств и формальной логики, графические методы моделирования бизнес-процессов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика, схема информационных потоков и бизнес-процесс учёта затрат на основе динамически создаваемых носителей затрат для применения в условиях динамично протекающих бизнес-процессов, характеризующихся большим числом объектов учёта.
2. Математическая модель, архитектура, алгоритмы и программное обеспечение учёта затрат при транспортировке нефтепродуктов на основе механизма динамически создаваемых носителей затрат.
3. Математическая модель и схема информационных потоков для определения оптимальных трансфертных цен, максимизирующих общую прибыль межрегионального предприятия.
4. Математическая модель и схема информационных потоков для оптимального распределения инвестиционного бюджета в условиях периодичности распределения, ограничений на структуру инвестиционной деятельности и ограничений на показатели деятельности компании.

Актуальность выполненной работы обусловлена тем, что функциональность существующих средств контроллинга, стандартно поставляемых в составе ERP-систем, не удовлетворяет потребности предприятий и, тем самым, не позволяет повысить качество управления.

Средства учёта затрат на основе создаваемых вручную носителей затрат не обеспечивают возможности построения эффективной системы учёта затрат

при большом числе бизнес-объектов (сотни и больше), высокой частоте их возникновения (до нескольких раз в день) и коротком времени жизни (минуты, часы, дни). Перечисленные условия характерны для систем управления транспортными предприятиями, цепочками поставок, конвейерными производствами, выпускающими множество вариантов продукции.

Трансфертные цены – это важнейший вопрос, как для транснациональных концернов, так и регуляторов большинства стран мира. Формирование трансфертных цен – это сложная многокритериальная задача. Небольшие изменения в трансфертных ценах могут существенно повлиять на прибыль концерна. Разработанные зарубежными учёными модели оптимального трансфертного ценообразования не содержат таких реалий российского законодательства, как налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ), экспортные пошлины и налог на добавленную стоимость (НДС). Поэтому расчёты по этим моделям при наличии дочерних предприятий на территории России и для российских компаний дают неверные результаты.

Инвестиционные программы федеральных и региональных компаний, управляющих инженерными сетями (Транснефть, ФСК ЕЭС, МРСК, РАО ЕЭС), крупных телекоммуникационных и вертикально-интегрированных компаний нефтегазового сектора пасчитывают сотни параллельно выполняемых проектов по реконструкции и строительству объектов. Инвестиционные бюджеты распределяются ежегодно. Формальные механизмы построения оптимальной инвестиционной программы существуют только для ограниченного набора целевых критериев и ограничений.

Данные обстоятельства определяют актуальность тематики диссертации.

Научная новизна. В диссертационной работе решён комплекс научно-исследовательских прикладных задач, в рамках которого:

1. Впервые предложена методика учёта затрат на основе динамически создаваемых носителей затрат с автоматическим распределением затрат на них. В рамках предложенной методики разработаны бизнес-процесс учёта затрат. Для учёта затрат при транспортировке нефтепродуктов разработаны новые математические постановки задач учёта затрат, архитектура и алгоритмы системы учёта затрат, а также модуль «Затраты».
2. Впервые сформулирована математическая постановка задачи расчёта трансфертных цен для межрегиональных предприятий с учетом экспортных пошлин, НДС и НДПИ. Для решения задачи в новой постановке используются методы квадратичного программирования.
3. Впервые задача оптимального управления инвестиционной деятельностью компании в условиях ограничений на структуру и показатели деятельности компании сформулирована как задача условной минимизации средних потерь для вектора переменных выбора. Для её решения используются прямые методы стохастического программирования.
4. Впервые разработана архитектура системы средств контроллинга на основе классификации случаев недостаточной функциональности стандартных средств контроллинга в составе ERP-систем. Разработаны схемы инфор-

мационных потоков при взаимодействии модулей «Затраты», «Трансфертные цены» и «Инвестиции» со стандартными модулями ERP-системы.

Практическая ценность диссертационного исследования состоит в том, что разработанное математическое, научно-методическое, архитектурное и программное обеспечение целесообразно использовать в подсистемах контроллинга при разработке и внедрении АСУ. Разработанный и внедрённый модуль «Затраты» предлагается использовать в других нефтяных компаниях.

Также результаты диссертационной работы использованы и могут в дальнейшем более широко применяться при проектировании и разработке средств контроллинга в новых версиях типовых ERP-систем.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы обеспечивается применением корректных исходных данных, апробированного аппарата исследований, проверкой непротиворечивости промежуточных и окончательных выводов и подтверждается результатами внедрения.

Апробация результатов работы. Материалы работы докладывались:

- на семинарах и заседаниях кафедры «Системы обработки информации и управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2007 – 2009 г.;
- на заседаниях комиссии по аттестации аспирантов факультета «Информатика и системы управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2007 – 2009 г.;
- на конференции молодых ученых, аспирантов и студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2006 – 2008 г.;
- на заседаниях Собрания архитекторов ООО «САП СНГ» в 2008 г.;
- на 18-ом симпозиуме объединения контролёров в 2009 г.;
- на семинаре ИПУ РАН по теории управления организационными системами в 2009 г.

Реализация и внедрение результатов работы. Разработанные модели и архитектура средств контроллинга использованы в ОАО «ТНК-ВР» при автоматизации сбыта и транспортировки нефтепродуктов. В рамках проекта были автоматизированы бизнес-процессы, связанные с носителями затрат, характеризующимися высокой частотой возникновения, массовостью и малым временем активной жизни. В результате внедрения обеспечен полный контроль над затратами на всех этапах процесса транспортировки нефтепродуктов. Применение автоматического распределения затрат на динамически создаваемые носители затрат позволило построить эффективную систему контроллинга без дополнительного увеличения численности персонала.

Разработанные модели и архитектура средств контроллинга использованы в ООО «САП СНГ» при развитии функциональности управления транспортировкой упакованных продуктов по российским железным дорогам. Предложенные средства контроллинга на основе динамического создания носителей затрат и автоматического распределения затрат на них включены в будущую версию отраслевого решения для нефтегазовых предприятий. Спроектированные средства учёта затрат при транспортировке упакованных продуктов обеспечивают полный контроль над затратами на всех этапах этого процесса.

Основное содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, выводов, заключения и списка использованной литературы. Общий объём текста диссертации составляет 196 страниц. В работе 27 рисунков и одна таблица.

Во введении изложены цели и задачи работы, общая характеристика работы, новизна, актуальность и практическая значимость результатов.

В первой главе рассмотрены два метода формализованного определения функциональности систем:

1. метод определения функциональности системы управления через иерархическую декомпозицию на подсистемы по функциональному признаку,

2. метод оценки функциональности на основе наборов критериев.

По результатам исследования указанных методов сделан вывод, что перспективная универсальная архитектура АСУ предприятия формируется по мере осознания и расширения круга бизнес-задач, необходимых для управления предприятиями, а также в результате выявления задач, которые не могут быть решены в рамках существующей архитектуры АСУ предприятий.

Проведенный обзор SAP Business Suite показал, что в составе стандартных средств контроллинга отсутствуют средства решения задач, определенных в целях диссертационной работы.

Случаи отсутствия функциональности стандартных средств контроллинга классифицированы по следующим признакам:

- по функциональности средств контроллинга, в которой выявлен дефицит;
- по типу дефицита функциональности средств контроллинга;
- по типу проблем в технологической реализации средств контроллинга.

Типы дефицита функциональности средств контроллинга обусловлены следующими ограничениями стандартной функциональности ERP-систем:

1. ограничения на характеристики поддерживаемых бизнес-процессов (характерны для средств контроллинга затрат);
2. ограничения из-за отсутствия в составе ERP-системы средств решения конкретной задачи контроллинга, несмотря на то, что имеются средства решения других подобных задач (характерны для средств контроллинга результатов);
3. ограничения из-за отсутствия в составе ERP-системы средств решения определенного типа задач контроллинга (характерны для средств контроллинга эффективности);
4. ограничения из-за отсутствия в составе существующих ERP-систем целого класса универсальных средств контроллинга (характерны для средств контроллинга рисков).

На основе классификации случаев дефицита функциональности средств контроллинга разработаны основные положения архитектуры (рис. 1) создаваемой системы, расширяющей функциональность стандартных средств контроллинга ERP-систем. Состав модулей, приведенных в каждой группе средств контроллинга, не является окончательным.

Во второй главе проводится анализ существующих моделей и механизмов

контроллинга для решения трёх рассматриваемых задач, описаны новые постановки задач и способы их решения.

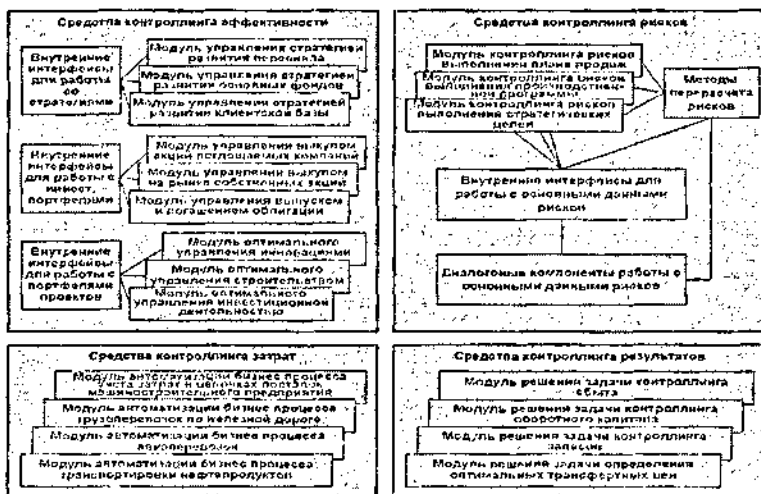


Рис. 1. Архитектура системы средств контроллинга.

В рамках развития моделей и постановок задач контроллинга затрат предлагается система динамически создаваемых носителей затрат для учёта затрат в динамично протекающих бизнес-процессах. Динамическое создание носителей затрат подразумевает программное создание носителей затрат при возникновении соответствующих бизнес-объектов, программное удаление или архивацию, когда отпадает в них необходимость, и программное распределение затрат на них. Место этого инструмента в общей системе учёта затрат показано на рис. 2.

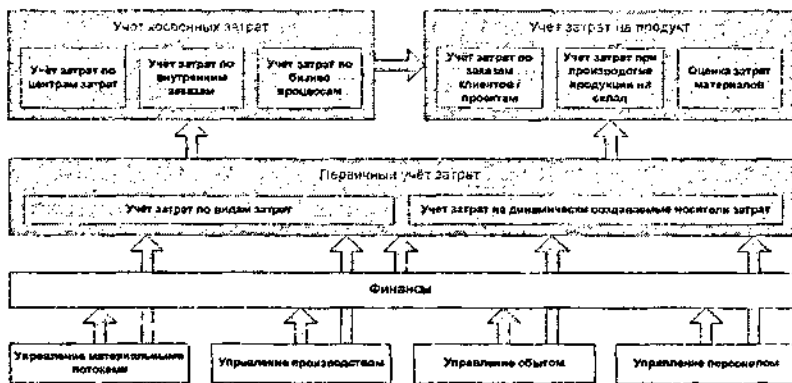


Рис. 2. Информационные потоки в процессе учёта затрат с использованием механизма динамически создаваемых носителей затрат.

PCD диаграмма бизнес-процесса учёта затрат с использованием механизма динамически создаваемых носителей затрат показан на рис. 3.

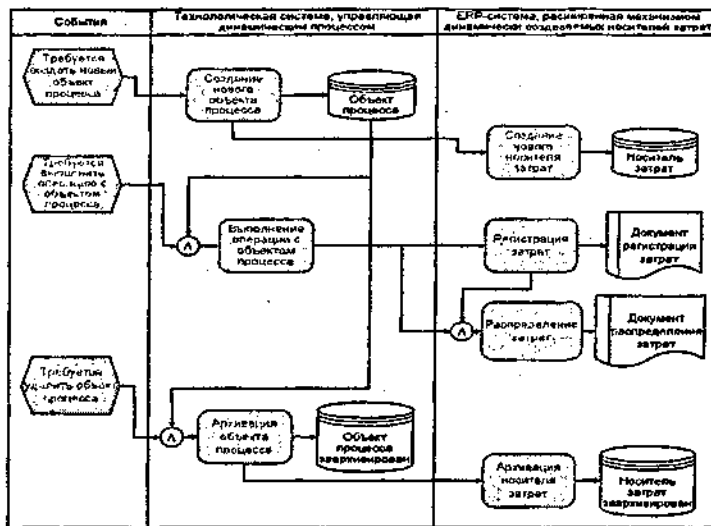


Рис.3. Бизнес-процесс учёта затрат с использованием механизма динамически создаваемых носителей затрат

Транспортировка Y_{ob} единиц продукта по маршруту (X_a, X_b) создаёт множество M_{ob} видов затрат со значениями величины затрат S_{bm} , $m \in M_{ob}$. Обработка Y_i единиц продукта на узле X_i создаёт множество L_i видов затрат со значениями величины затрат P_{ij} , $j \in L_i$.

Для контроля правильности величин затрат необходимо проверить выполнение уравнения баланса затрат. Смысл уравнения баланса затрат состоит в том, что сумма всех затрат за период по общему графу используемых транспортных маршрутов равна сумме затрат по контрактам, где затраты относятся на поставщика, затрат по контрактам, где затраты относятся на потребителя, и затрат по контрактам, где затраты относятся на собственные нужды:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{k \in K1} \sum_{j \in L_j, X_j} P_{j,k1} + \sum_{k \in K1} \sum_{j \in L_j, X_j} \sum_{(X_j, X_i) \in T_{12}} \sum_{m \in M_{j,i2}} S_{m,j,i2} + \\
 & \sum_{k \in K2} \sum_{j \in L_j, X_j} P_{j,k2} + \sum_{k \in K2} \sum_{j \in L_j, X_j} \sum_{(X_j, X_i) \in T_{13}} \sum_{m \in M_{j,i3}} S_{m,j,i3} + \\
 & \sum_{k \in K3} \sum_{j \in L_j, X_j} P_{j,k3} + \sum_{k \in K3} \sum_{j \in L_j, X_j} \sum_{(X_j, X_i) \in T_{12}} \sum_{m \in M_{j,i2}} S_{m,j,i2} = \\
 & = \sum_{j \in L_j, X_j} P_{j1} + \sum_{j \in L_j, X_j} \sum_{(X_j, X_i) \in T_{12}} \sum_{m \in M_{j,i2}} S_{m,j,i2}
 \end{aligned}$$

Нарушение уравнения баланса означает, что не все затраты отнесены на конкретные контракты. Такие случаи должны быть найдены и устранены.

Выделение всех затрат по контрактам, в которых затраты относятся на собственные нужды, позволяет проверить фактическую рентабельность этих контрактов.

В рамках развития моделей и постановок задач контроллинга результатов выполнен обзор развития математических моделей и методов трансфертного ценообразования и выбрана модель трансфертного ценообразования, отражающая результаты последних исследований. Эта модель глобальной цепочки поставок включает четыре типа компаний: поставщики сырья и компонентов – S (suppliers), производственные предприятия – MP (manufacturing plants), распределительные центры – DC (distribution centers), а также потребители, сгруппированные в рыночные зоны – C (customers).

Пример глобальной цепочки поставок такой структуры приведен на рис. 4.

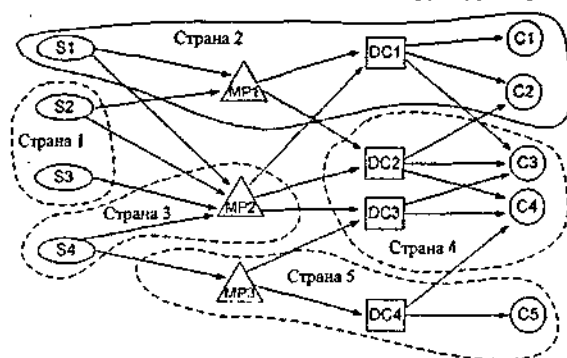


Рис.4. Пример глобальной цепочки поставок.

Развиваемая международной группой учёных на протяжении десяти лет математическая модель трансфертного ценообразования не содержит таких реалий Российского законодательства как налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ), экспортные пошлины и налог на добавленную стоимость (НДС).

Для учёта НДС в модели цепочек поставок необходимо ввести дополнительное предположение: все предприятия, располагающиеся в одной стране, начисляют НДС по единой ставке на стоимость импортируемых и продаваемых товаров, работ, услуг. Пониженные ставки НДС для продукции, имеющей социальное значение, или компаний малого бизнеса не учитываются.

Модификация модели для учёта экспортных пошлин основывается на том, что в исходной модели трансфертные цены устанавливаются одинаковыми для потребителей одного товара из одного источника только с целью обоснования трансфертных цен для налоговых органов. Предлагается разделить трансфертные цены от каждого потенциального экспортёра (S, MP, DC) на две группы: для получателей в той же стране и для получателей в других странах. Также вводится дополнительное предположение: потребители, относящиеся к одной рыночной зоне, располагаются в одной стране.

В рамках развития моделей и постановок задач контроллинга эффективности рассмотрена задача управления инвестиционной деятельностью,

обеспечивающая достижение максимального эффекта в условиях ограничений на структуру инвестиционной деятельности и показатели деятельности предприятия. Для решения задачи оптимального управления инвестиционной деятельностью предложено использовать метод управления портфелями.

Циклическое распределение инвестиционных ресурсов между портфелями осуществляется таким образом, чтобы максимизировать заданный функционал при условии выполнения всех ограничений. После выделения i -ому портфелю объёма ресурсов S_i инициируется выполнение первых N мероприятий из очереди этого портфеля, таких, что:

$$\sum_{j=1}^N S_{ji} \leq S_i, \quad j = \overline{1, N}, \quad i = \overline{1, M},$$

где: S_{ji} - объём инвестиций для j -ого мероприятия i -ого портфеля;
 M - количество портфелей.

Математическая формулировка задачи условной минимизации средних потерь, предложенная А.В. Назиным и А.С. Позняком, не полностью соответствуют неформальной постановке задачи оптимального управления инвестиционной деятельностью. Имеется два существенных отличия:

1. При распределении инвестиционного бюджета между портфелями осуществляется выбор не одного значения, а вектора значений:

$\bar{x}_n = (x_{1n}, \dots, x_{Kn}) \in X = \{\bar{x}(1), \dots, \bar{x}(N)\}$, где:

\bar{x}_n - выбираемый вариант, X - множество вариантов выбора, $K \in N$ - количество портфелей. Устранение этого несоответствия требует развития математического аппарата.

2. Величины ограничений на каждом шаге могут принимать различные значения. Для устранения этого расхождения предлагается привести постановку задачи к задаче с постоянными значениями ограничений:

2.1. Исключить из распределения мало результативные портфели, обусловленные ограничениями на структуру инвестиционной деятельности, выделяя на них средства в минимально необходимом объёме, и сократить величину распределяемого бюджета на сумму необходимых для них инвестиций.

2.2. Ввести коэффициенты нормирования $R_n^j = \frac{v_n^j}{v_1^j}$ на каждом n цикле распределения бюджета (v_n^j - величины условных средних потерь на шаге $n = \overline{2, N}$). Использовать эти коэффициенты для нормирования значений ограничений v_n^j на всех шагах распределения бюджета.

В третьей главе содержатся результаты по развитию математического аппарата контроллинга.

В рамках развития математического аппарата контроллинга результатов предложена модель цепочки поставок, учитывающая возможность использования экспортных пошлин, НДС и возможность размещения предприятий в странах, где имеется НДС. Предложенная модель получена посредством развития модели, разрабатываемой международной группой учёных, взятой в версию, опубликованной в 2008 г.

Целевая функция максимизирует совокупную прибыль внутренних постав-

щиков (S), производственных предприятий (MP) и распределителей (DC):

$$\sum_{i \in I} [(1 - TR_i)z_i^+ - z_i^-] + \sum_{j \in J} [(1 - TR_j)z_j^+ - z_j^-] + \sum_{k \in K} [(1 - TR_k)z_k^+ - z_k^-]$$

Ограничения

Сумма товарных потоков по транспортным режимам

$$f_{ijr} = \sum_{m \in M(i,j)} x_{ijmr} \quad \forall i \in I, j \in J(i), r \in R(i) \cap R(j)$$

$$f_{jkp} = \sum_{m \in M(j,k)} x_{jkmp} \quad \forall j \in J, k \in K(j), p \in P(j)$$

$$f_{klp} = \sum_{m \in M(j,k)} x_{klmp} \quad k \in K, l \in L(k), p \in P(k)$$

Чистый доход до налогообложения внутренних поставщиков:

$$\sum_{j \in J(i)} \sum_{r \in R(i) \cap R(j)} (t_{ir} - PC_{ir} - ER_{ijr}) f_{ijr} - \sum_{j \in J(i)} \sum_{m \in M(i,j)} \sum_{r \in R(i) \cap R(j)} IC_{ijmr} x_{ijmr} - \sum_{j \in J(i)} \sum_{m \in M(i,j)} y_{ijm} - FC_i = z_i^+ - z_i^-, \quad i \in I.$$

Чистый доход до налогообложения производственных предприятий, расположенных в странах, где налоги взимаются по контрактам CIF:

$$\sum_{k \in K} \sum_{p \in P(j)} (t_{jp} - PC_{jp} - ER_{jrp}) f_{jrp} - \sum_{k \in K} \sum_{m \in M(j,k)} \sum_{p \in P(j)} IC_{jkmp} x_{jkmp} - \sum_{k \in K} \sum_{m \in M(j,k)} y_{jkm} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} y_{ijm} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (1 + DR_{ijr}) t_{ir} f_{ijr} - \sum_{i \in I} \sum_{m \in M(i,j)} \sum_{r \in R(i) \cap R(j)} DR_{ijr} TC_{ijmr} x_{ijmr} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M(i,j)} \sum_{r \in R(i) \cap R(j)} BC_{ijmr} (1 + DR_{ijr}) x_{ijmr} - FC_j = z_i^+ - z_i^-, \quad j \in J^c$$

Чистый доход до налогообложения распределительных центров, расположенных в странах, где налоги взимаются по контрактам CIF:

$$\sum_{l \in L} \sum_{p \in P} (SP_{lp} - HC_{kp} - ER_{klp}) f_{klp} - \sum_{l \in L} \sum_{m \in M(k,l)} \sum_{p \in P} (TC_{klmp} + IC_{klmp}) x_{klmp} - \sum_{j \in J} \sum_{p \in P(j)} (1 + DR_{jrp}) t_{jp} f_{jrp} - \sum_{j \in J} \sum_{m \in M(j,k)} \sum_{p \in P(j)} DR_{jrp} TC_{jkmp} x_{jkmp} - \sum_{j \in J} \sum_{m \in M(j,k)} y_{jkm} - FC_k = z_k^+ - z_k^-, \quad k \in K^c$$

Распределение затрат на транспортировку:

$$y_{ijm} + y'_{ijm} = \sum_{r \in R(i) \cap R(j)} TC_{ijmr} x_{ijmr}, \quad i \in I, j \in J(i), m \in M(i,j),$$

$$y_{jkm} + y'_{jkm} = \sum_{p \in P(j)} TC_{jkmp} x_{jkmp}, \quad j \in J, k \in K, m \in M(j,k).$$

Производственные мощности поставщиков (S):

$$\sum_{j \in J(i)} \sum_{m \in M(i,j)} \sum_{r \in R(i) \cap R(j)} A_{ir} x_{ijmr} \leq CS_i, \quad i \in I.$$

Производственные мощности производственных предприятий (MP):

$$\sum_{k \in K} \sum_{m \in M(j,k)} \sum_{p \in P(j)} B_{jp} x_{jkmp} \leq CP_j, \quad j \in J.$$

Заявки потребителей (C):

$$\sum_{k \in K} \sum_{m \in M(k,l)} x_{klmp} \leq DEM_{lp}, \quad l \in L, p \in P$$

Совокупность спецификаций на всех MP:

$$\sum_{k \in K} \sum_{m \in M(j,k)} \sum_{p \in P(j)} Q_{rp} x_{jkmp} = \sum_{r \in S(r)} \sum_{m \in M(i,j)} x_{ijmr}, \quad j \in J, r \in R(j).$$

Уравнение сохранения потока на DC:

$$\sum_{j \in J(p)} \sum_{m \in M(j,k)} x_{jkm} = \sum_{l \in L(k)} \sum_{m \in M(l,j)} x_{klmp}, \quad k \in K, p \in P.$$

Ограничения на трансфертные цены:

$$\underline{T}_{ir} \leq t_{ir} \leq \overline{T}_{ir}, \quad i \in I', r \in R(i), \quad \underline{T}_{jp} \leq t_{jp} \leq \overline{T}_{jp}, \quad j \in J, p \in P(j).$$

Ограничения на неотрицательность:

$$\begin{aligned} x_{ijmr} &\geq 0, & i \in I, j \in J(i), m \in M(i,j), r \in R(i) \cap R(j), \\ x_{ikmp} &\geq 0, & j \in J, k \in K, m \in M(j,k), p \in P(j), \\ x_{klmp} &\geq 0, & k \in K, l \in L(k), m \in M(k,l), p \in P, \\ y_{ijm}, y'_{ijm} &\geq 0, & i \in I', j \in J(i), m \in M(i,j), \\ y_{jkm}, y'_{jkm} &\geq 0, & j \in J, k \in K, m \in M(j,k), \\ z_i^+, z_i^- &\geq 0, & i \in I', \quad z_j^+, z_j^- \geq 0, \quad j \in J, \quad z_k^+, z_k^- \geq 0, \quad k \in K. \end{aligned}$$

Выполненное изменение исходной математической модели включает изменение смыслового содержания ценовых параметров и переменных, добавление новых параметров для учёта экспортной пошлины и изменение формул коэффициентов при переменных в первых трёх ограничениях. Математически задача не стала сложнее. Она принадлежит к тому же классу, что и задача, сформулированная международной группой учёных. Для её решения могут использоваться предложенные ими методы.

В рамках развития математического аппарата контроллинга эффективности сформулирована задача условной минимизации средних потерь для вектора переменных выбора:

Пусть в последовательные моменты времени t_n ($n = 1, 2, \dots$) необходимо осуществлять выбор K -мерного вектора значений, каждая координата которого может принимать счётное множество вариантов:

$$\bar{x}_n = (x_{1n}, \dots, x_{Kn}) \in X = \{\bar{x}(1), \dots, \bar{x}(N)\},$$

а потери на интервале времени (t_n, t_{n+1}) характеризуются несколькими наблюдаемыми случайными величинами $\xi_n^j = \xi_n^j(\bar{x}_n, \omega)$ ($j = \overline{0, m}$), каждая из которых удовлетворяет предположениям:

П1. Для любых $j = \overline{0, m}$ и $n = 1, 2, \dots$ совокупности $\{\xi_n^j(\bar{x}, \omega) \mid \bar{x} \in X\}$ и $\{\xi_i^j(\bar{x}, \omega), \bar{x}_i \mid \bar{x} \in X, i = \overline{0, m}, t = \overline{1, n-1}, r = \overline{1, n}\}$ независимы.

П2. Для любых $j = \overline{0, m}, i = \overline{1, N}$ и $n = 1, 2, \dots$ $M\{\xi_n^j(\bar{x}(i), \omega)\} = v_i^j$,

$$\sup_n M\{(\xi_n^j(\bar{x}(i), \omega))^2\} < \infty.$$

Величины условных средних потерь v_i^j априори неизвестны.

Совокупность текущих средних потерь $\Phi_n^j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i^j, j = \overline{0, m}$ характеризует ка-

чество последовательности вариантов $\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n$, выбранных к моменту времени t_n включительно. С вероятностью 1 множество предельных точек последова-

тельности $\{\Phi'_n\}$ содержится в отрезке $[\min_{i=1, \bar{N}} v_i', \max_{i=1, \bar{N}} v_i']$. Следовательно, верхний предел текущих средних потерь по каждому показателю $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \Phi'_n$ конечен с вероятностью 1. Отсюда вытекает корректность следующей задачи адаптивного выбора вариантов: Установить последовательность правил, позволяющую в каждый момент времени t_n ($n = 1, 2, \dots$) на основе имеющейся совокупности данных $(\bar{x}_1, \xi_1^0, \dots, \xi_1^m), \dots, (\bar{x}_{n-1}, \xi_{n-1}^0, \dots, \xi_{n-1}^m)$ осуществлять выбор очередного варианта $\bar{x}_n \in X = \{\bar{x}(1), \dots, \bar{x}(N)\}$ таким образом, чтобы сформированная последовательность вариантов $\{\bar{x}_n\}$ обеспечивала с вероятностью 1 достижение цели

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \Phi_n^0 \rightarrow \min_{\{x_n\}}, \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \Phi'_n \leq 0, j = \overline{1, m} \quad (1).$$

Задача линейного программирования:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K p_{ik} v_i^0 = V_0(p) \rightarrow \min_p, \quad \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K p_{ik} v_i^j = V_j(p) \leq 0, j = \overline{1, m}, p \in S^N, \quad (2) \quad \text{гдс:}$$

$$S^N = \left\{ p = (\overline{p_1}, \dots, \overline{p_n}) \mid \overline{p_i} = \{p_{i1}, \dots, p_{iK}\}, \sum_{i=1}^n p_{ik} = 1 (k = \overline{1, K}), p_{ik} \geq 0 (k = \overline{1, K}, i = \overline{1, N}) \right\}$$

По аналогии с основополагающей монографией А. В. Назина и А. С. Позняка для задач (1) и (2) справедливы следующие леммы:

Лемма 1. Пусть выполнены предположения П1 и П2. Задача (1) и задача линейного программирования (2) разрешимы одновременно, при этом с вероятностью 1 минимальное значение $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \Phi_n^0$ в задаче (1) совпадает с минимумом $V_0(p)$ в задаче (3).

Лемма 2. Пусть выполнены предположения П1 и П2 и существует $\tau \in (0, 1)$, для которого $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} n^{\tau} M\{[\Phi'_n - V_j(p^*)]^2\} \leq C_j < \infty (j = \overline{0, m})$,

$$p_n = (\overline{p_n(1)}, \dots, \overline{p_n(N)}) \mid \overline{p_n(t)} = \{p_{n1}, \dots, p_{nK}\}, t = \overline{1, N},$$

Тогда с вероятностью 1 выполняется целевое условие (1) и

$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} n^{\tau} M\{[\Phi'_n - V_j(p^*)]^2\} \leq C_j (1 - \frac{\tau}{2})^{-2}$, т.е. последовательности текущих средних потерь $\{\Phi'_n\} (j = \overline{0, m})$ сходятся к $V_j(p^*)$ (2) также и в среднеквадратичном смысле со скоростью не меньшей, чем $n^{-\tau}$.

Доказательство леммы аналогично доказательству соответствующих лемм для задачи условной минимизации средних потерь для одной переменной, сформулированной А. В. Назиным и А. С. Позняком,

По сравнению с задачей условной минимизации средних потерь для одной переменной число столбцов в матрице V задачи стохастического линейного программирования увеличится в K раз, где K – количество портфелей.

Из леммы 2 следует, что решение задачи условной минимизации средних потерь для вектора переменных выбора (1) можно искать как решение задачи

линейного программирования (2) в условиях неопределённости. Поскольку условные средние потери v_i априори не известны, по аналогии с задачей для одной переменной выбора можно использовать те же прямые методы стохастического программирования.

В четвёртой главе разработаны бизнес-процессы, архитектурное и программное обеспечение для реализации новой функциональности средств контроллинга в АСУ предприятия:

В рамках развития средств контроллинга затрат методика учёта затрат с помощью динамически создаваемых носителей затрат была применена для учёта затрат при транспортировке нефтепродуктов и реализован модуль «Затраты». При его разработке предложены два типа динамически создаваемых носителей затрат:

- носитель фактических затрат, формируемый одновременно с каждой квитанцией транспортировки, содержит список видов услуг, оказанных по квитанции (транспортировке), и суммы затрат по услугам;
- носитель предполагаемых и фактических затрат, порождаемый, когда во входных документах поступает информация о предполагаемых суммах оказанных услуг, но счета за эти услуги ещё не поступили.

Во многих случаях поступающие счета содержат только итоговые суммы. Тогда распределение этих затрат в зависимости от маршрута транспортировки, осности вагонов и других факторов осуществляется на основании документов по отгрузке, содержащих предполагаемые суммы за транспортировку каждой цистерны. При закрытии периода понесенные затраты учитываются даже в тех случаях, когда поставщики услуг не успели выставить счета.

Для операции распределения затрат предложены три вида распределения. При проектировании модуля разработаны следующие алгоритмы:

- выделения и привязки затрат при поступлении документов об отгрузке;
- выделения и привязки затрат при поступлении счетов;
- сбора затрат по маршруту движения контрактного объёма продукта с учётом фактического разделения объёма на мелкие партии, транспортировавшиеся и обрабатывавшиеся различными способами и маршрутами;
- определения целевого объекта затрат.

Архитектура модуля «Затраты» показана на рис.5.

В рамках развития средств контроллинга результатов рассмотрены бизнес-процессы определения трансфертных цен до и после внедрения модуля «Трансфертные цены», разработана схема информационных потоков в ходе взаимодействия модуля «Трансфертные цены» с модулями SAP ERP (рис.6).

Основные этапы работы модуля «Трансфертные цены»:

- 1) Загрузка (экстракция) необходимых данных для расчета из модулей SAP ERP в кубы корпоративного хранилища данных SAP BW;
- 2) Выполнение расчета на основе математической модели с использованием данных из SAP BW и помещением результатов в SAP BW;
- 3) Выполнение выгрузки (ретракция) результатов расчета в стандартные модули SAP ERP из системы SAP BW.

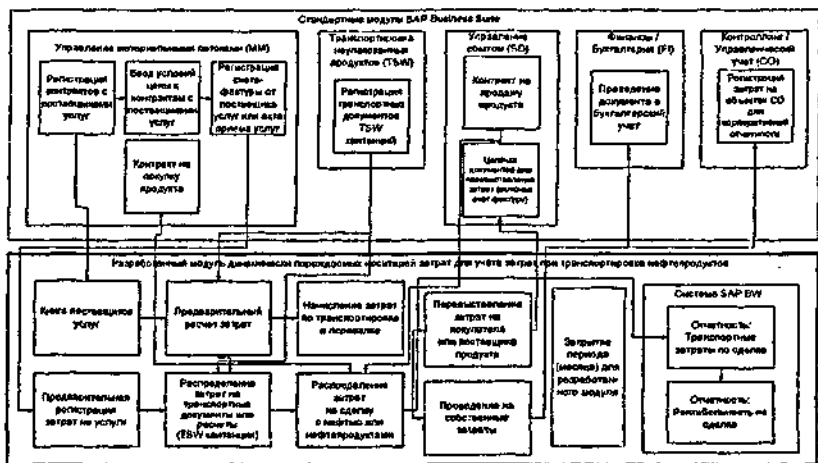


Рис.5. Архитектура модуля «Затраты»

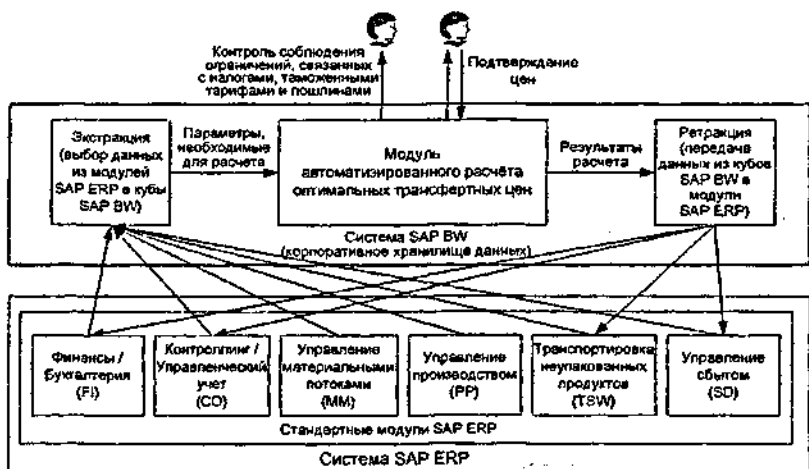


Рис.6. Информационные потоки при использовании модуля «Трансфертные цены»

В рамках развития средств контроллинга эффективности рассмотрены бизнес-процессы распределения инвестиций до и после внедрения модуля «Инвестиции», разработана схема информационных потоков в ходе взаимодействия модуля «Инвестиции» с модулями SAP ERP (рис. 7).

В разделе «Выводы» сформулированы основные выводы исследования.

В разделе «Заключение» приведены основные результаты работы, показаны перспективы дальнейшего развития исследований и практического использования полученных результатов.

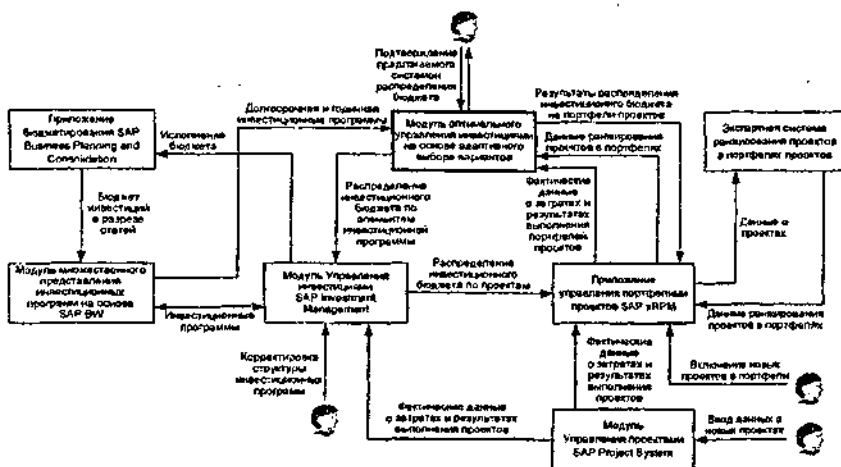


Рис. 7. Информационные потоки при использовании модуля «Инвестиции»

Основные результаты работы

1. Разработаны архитектура подсистемы средств контроллинга на основе классификации случаев недостаточной функциональности стандартных средств контроллинга в составе ERP-систем.
2. Разработана методика учёта затрат на основе динамически создаваемых носителей затрат с автоматическим распределением затрат на них. В рамках разработанной методики разработан бизнес-процесс учёта затрат и схема информационных потоков при взаимодействии механизма динамически порождаемых носителей затрат с модулями ERP-системы. При увеличении числа бизнес-объектов и частоты их возникновения разработанная методика обеспечивает сохранение трудоёмкости учёта затрат. При использовании традиционных методик с увеличением числа бизнес-объектов и интенсивности их возникновения рост трудозатрат приводит к потере точности учёта затрат. Начиная с определённого порога, традиционные методики не работоспособны в отличие от предложенной методики.
3. Сформулированы задачи учёта затрат при транспортировке нефтепродуктов, которые могут быть решены при использовании механизма динамически создаваемых носителей затрат. Разработана архитектура, алгоритмы и программное обеспечение модуля «Затраты». Осуществлено внедрение разработанного методического и математического обеспечения, архитектуры и программного обеспечения, для автоматизации сбыта и транспортировки нефтепродуктов в ОАО «ТНК-ВР». Проверенные при внедрении в ОАО «ТНК-ВР» результаты использованы в проекте по развитию стандартной функциональности управления транспортировкой неупакованных продуктов по российским железным дорогам, выполняемого в ООО «САП СНГ» на основе SAP ERP и отраслевого решения SAP Oil & Gas.

4. Разработана математическая модель расчёта трансфертных цен для межрегиональных предприятий, соответствующая Российскому законодательству. Для получения решения используются методы квадратичного программирования. Разработана схема информационных потоков при взаимодействии модуля «Трансфертные цены» с модулями ERP-системы.
5. Сформулирована задача условной минимизации средних потерь для вектора переменных выбора, рассмотрены её свойства. Для её решения применяются прямые методы стохастического программирования. Задача оптимального управления инвестиционной деятельностью сведена к задаче условной минимизации средних потерь для вектора переменных выбора. В отличие от классических моделей управления портфелями проектов, построенных в виде обобщения задачи о ранце, предложенная математическая модель позволяет связать результаты проектной деятельности с произвольно задаваемыми целевыми показателями и ограничениями стратегии деятельности организации. Для предложенной модели разработана схема информационных потоков при взаимодействии модуля «Инвестиции» с модулями ERP-системы.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 7 статей. В том числе одна статья в журнале, входящем в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определённый ВАК Министерства образования и науки РФ:

1. Сухобоков А.А. Построение средств контроллинга ERP систем в условиях динамично протекающих бизнес-процессов, характеризующихся большим числом носителей затрат // Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. Приборостроение. 2009. № 1(74). С. 97-111.
2. Сухобоков А.А., Ревунков Г.И. Обзор функциональности механизмов контроллинга в современной ERP-системе на примере SAP ERP // Контроллинг. 2009. № 3(31). С. 46-53.
3. Сухобоков А.А. Развитие средств контроллинга результатов для применения в трансфертном ценообразовании транснациональных корпораций на примере SAP ERP // Техника и технология. 2009. № 4(33). С. 31-45.
4. Сухобоков А.А. Векторная задача условной минимизации средних потерь // Объединённый научный журнал. 2009. № 10(228). С. 63-65.
5. Сухобоков А.А. Задача управления инвестициями, сформулированная как задача условной минимизации средних потерь // Объединённый научный журнал. 2009. № 10(228). С. 66-71.
6. Сухобоков А.А. Управление инвестиционной программой в SAP ERP методом адаптивного выбора вариантов // Техника и технология. 2009. № 5(34). С. 16-28.
7. Сухобоков А.А. Задачи учёта затрат при транспортировке нефтепродуктов, решаемые с помощью динамически создаваемых носителей затрат // Техника и технология. 2009. № 5(34). С. 12-15.

Подписано к печати 27.10.09. Заказ № 642
Объем 1,0 печ.л. Тираж 100 экз.
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5
(499) 263-62-01

2010A

2059