

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Л.А. Лыноградский, к.т.н.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Рассматривается программное средство, предназначенное для решения задач оперативного контроля, а также страто-слоевая модель, на которой оно построено. Модель отражает процесс согласования индивидуальных понятийных платформ работников и формирования единой понятийной платформы, на основе которой развивается структура управления. Использование модели для решения практических задач позволяет добиться их гибкой адаптации к изменениям внешних условий.

На начальном этапе развития информационной системы предприятия появляются локальные комплексы управления складами, договорами снабжения и сбыта, а также системы бухгалтерского учета, производственного и экономического планирования. Автоматизация приводит к созданию полноценных баз данных по отдельным ресурсам. Возникает основа для использования этой информации на верхних уровнях управления при решении задач оперативного контроля и координации работы подразделений. Однако на практике для объединения локальных комплексов в единую информационную систему требуется провести дополнительную работу.

Предмет оперативного контроля. Пусть имеется склад материалов и программный комплекс, фиксирующий все операции приема материалов от поставщиков и выдачи их в цеха в соответствии с лимитно-заборными картами. Руководитель располагает полной информацией о состоянии склада, но она оказывается недостаточной для формирования выводов о ходе производственного процесса. Скажем, наличие остатков стали А15 в размере 200 кг не дает представления о том, имеем ли мы дело с дефицитом или с излишними запасами.

Поступление и расход материалов планируются, поэтому можно сравнить текущее состояние с планом и показать расхождение в абсолютных единицах или в процентах. Однако план составляется на длительный период (месяц, декада), и в

рамках его выполнения часто возникают внутренние проблемы. Например, механический цех получает план выпуска двух деталей для сборочного цеха. Поскольку переналадка оборудования требует усилий, то наиболее простой путь – выполнить план по первой детали к 15 числу месяца, а затем перейти на выпуск второй детали. Это значит, что при отсутствии остатков на складах сборочный цех половину месяца будет простаивать, а вторую половину – работать с двойной нагрузкой.

Отсюда видно, что успешное выполнение плана механическим участком (т.е. выполнение его на 50 % к 15 числу) еще не говорит о благополучном состоянии всего производственного процесса. План является необходимым, но не достаточным условием для обеспечения сбалансированной работы предприятия. С учетом минимальных запасов каждый цех и участок могут маневрировать в определенных пределах, погашая возникающие проблемы, связанные с задержкой поставки комплектующих, поломкой оборудования, болезнью рабочего и т.д. В одних случаях руководитель нижнего уровня имеет резервы для маневра, в других он подходит к критической границе, где малейший сбой грозит невыполнением плана. Оперативный контроль необходим для оценки пространства маневра подразделений и принятия соответствующих мер по его расширению.

На рис. 1 представлена геометрическая иллюстрация резерва деталей A , B , C для выпуска изделий X и Y . При этом неявно использована матрица K ($m \times n$), в которой определены нормативы использования i -й детали на выпуск j -го изделия ($i = 1..m$, $j = 1..n$). По аналогии с задачей линейного программирования [1] обозначены ограничения на выпуск продукции по ресурсам, которые возникают в первый день работы. Точкой обозначен месячный план выпуска изделий, а жирной линией – решение мастера по его выполнению.

При таком решении прежде всего возникает дефицит по ресурсу A , затем по C , а позже – по B . Час дефицита возникает в момент выхода жирной линии из зоны обеспеченности. Но поставщики также будут работать, а потому ограничения будут отодвигаться и при сбалансированном планировании точка плана со временем войдет в зону обеспеченности. В рамках зоны мастер обеспечен ресурсами и не

зависит от поставщиков. По мере развития событий он получает информацию об изменении границ зоны и может корректировать путь выполнения плана.

Заметим, что развитием зоны обеспеченности управляет поставщик, а мастер может менять путь выполнения плана по своему усмотрению. Аналогичная картина имеется у поставщика. Он получает резерв материалов и планирует выпуск деталей. Таким образом, на всех этапах технологической цепочки руководители получают оперативную информацию о имеющихся ресурсах и планируют выпуск продукции своего участка.

Заметим, что приближение к одной из границ допустимой зоны как правило означает удаление от другой. В примере, который мы привели выше, мастер продолжает выпуск изделия Y до тех пор, пока не возникнет дефицит ресурса B . В каждой конкретной ситуации дефицит будет связан с одним или двумя ресурсами, тогда как другие будут находиться в допустимых пределах. Следовательно, в каждой конкретной ситуации необходимо планировать и координировать не всю деятельность поставщика, а только ее часть.

С этой точки зрения попытка перехода на ежедневное планирование в масштабах всего предприятия оказывается далеко не лучшим решением. Она связана с огромным объемом дополнительной работы, сковывает инициативу руководителей всех рангов, а эффект от нее оказывается весьма сомнительным (чем больше информации в системе, тем больше ошибок). Как справедливо отмечается в [2], методы автоматизации закрытых технических систем при переносе их на системы организационного управления способны нанести вред предприятию, сделать его неживым механизмом, неспособным адаптироваться в среде.

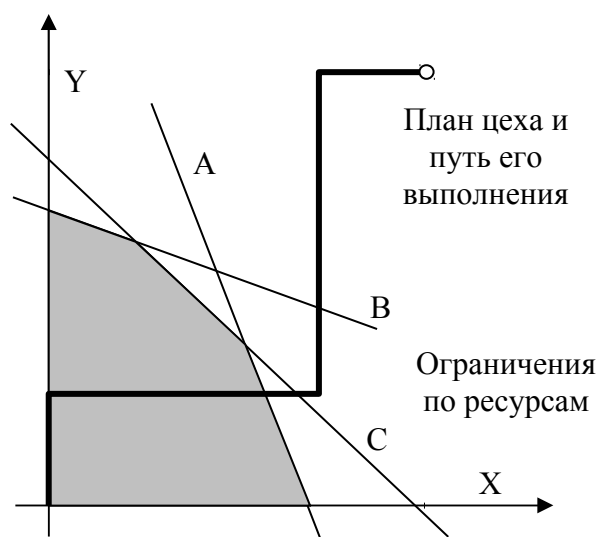


Рис. 1. Резервы ресурсов под план

Гораздо эффективнее использовать гибкую настройку на сложившуюся ситуацию, суть которой заключается в активизации тех или иных локальных алгоритмов, позволяющих выправить отклонения от плана. Чем меньше пространство маневра по конкретному параметру, тем активнее включается в работу соответствующий алгоритм, исправляющий данный недостаток. Все остальные средства управления системой находятся в пассивном состоянии.

Концепция оперативного контроля. Рассмотрим предлагаемый подход к организации оперативного контроля на примере линейного технологического процесса. Локальный участок производства получает необходимые ресурсы и выдает результаты далее по технологической цепочке. На участке находится некоторый резерв ресурсов, позволяющий выбирать наиболее выгодный алгоритм поведения. Оперативное планирование (сменное задание) определяет очередность выпуска продукции для данного участка.

С учетом остатков на участке нетрудно определить приоритеты поступления входных ресурсов, которые необходимы для реализации оперативного плана. Нетрудно определить момент, когда работа участка остановится из-за нехватки входных ресурсов. Отметим, что такого рода планирование осуществляется достаточно просто и, что более важно, реально осуществляется на любом участке и рабочем месте. К сожалению, эта информация как правило циркулирует на нижнем уровне управления и является неофициальной (прямая договоренность мастеров соседних участков).

На рис. 2 показано движение ресурсов через два участка, а также обозначены задачи согласования. Каждый участок располагает некоторым остатком ресурсов, который позволяет ему начать производственный процесс. Мастер отмечает на контрольном рисунке остатки и свое решение (сменные задания), а затем передает эту информацию на предыдущий участок. Таким образом, наряду с месячным планом выпуска деталей, мастер первого участка оперативно получает контрольный рисунок и может ориентироваться на него при составлении сменных заданий для своего участка.

Сущность оперативного управления заключается в поиске узкого места в производственном процессе и его ликвидации. Другими словами, руководитель сравнивает обеспеченность различных участков, сроки остановки процесса из-за нехватки ресурсов и воздействует на мастеров таким образом, чтобы по возможности облегчить ситуацию на

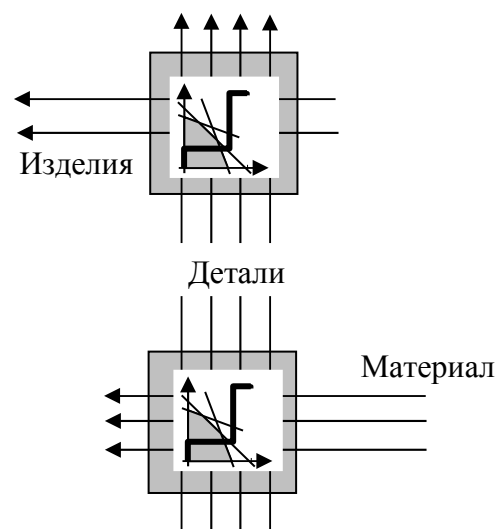


Рис. 2. Технологическая цепочка

самом трудном участке. Для этого приходится изменять сменные задания на предыдущих участках, то есть осуществлять нежелательную переналадку оборудования, но таким образом выравнивается ритмичная работа всей цепочки.

Использование простейших представлений теории управления, а также методов линейного и динамического программирования позволяет построить модель управления, обладающую гибкостью и простотой. Внимательное изучение сущности взаимодействия мастеров по поводу согласования сменных заданий показывает, что их действия соответствуют предложенной модели, но не обеспечивают ее полноценной реализации. Появление компьютеров снимает проблему дополнительных вычислений и передачи оперативной информации между участками, то есть создает условия для полноценной реализации модели.

Мы рассмотрели идею предлагаемого подхода на примере простой технологической цепочки. Для того чтобы строить систему оперативного контроля в масштабах всего предприятия, необходимо специфицировать все множество технологических процессов в составе единой модели управления ресурсами. Рассмотрим, как можно получить такую модель.

Единая модель управления ресурсами. Система управления предприятием относится к классу многоуровневых иерархических систем, которые исследованы М. Месарочивем [3]. Он предложил использовать понятия слоев, страт и эшелонов. Развивая эти представления, построим страто-слоевую решетку и покажем, что на

ее основе формируются частные системы управления предприятием, в том числе и система управления ресурсами.

В уже отлаженном производстве, полностью оснащенном и спланированном, имеется причинно-следственная схема, заканчивающаяся выпуском изделия. Она представляет собой дерево, в вершине которого находится результат, а многочисленные ветви описывают входящие в него материалы, детали и узлы. В технологических процессах участвуют и другие ресурсы, имеющие более длительный срок использования – здания, оборудование, квалифицированные кадры, информационные и организационные ресурсы. В рамках решения оперативных задач будем считать их заранее заданными и постоянными.

Разбиение ресурсов на слои требует такой их расстановки, при которой отсутствуют петли, то есть ресурс, произведенный в одном слое, может быть использован только в последующих без возврата на предыдущие. Договоримся, что ресурсы многократного использования (станки) генерируют порции станочного времени, которые можно считать специальным ресурсом. Тогда сами станки постоянно находятся на начальном слое, а порции перемещаются на последующие слои, где полностью потребляются в соответствующих процессах.

Каждый локальный участок стремится к выбору сменных заданий, минимизирующих внутренние затраты, в том числе и на переналадку оборудования. Оперативное управление позволяет обеспечить ритмичную работу всего предприятия за счет ограничения свободы маневра для некоторых участков. Важно, что ограничительные требования возникают в результате анализа общей обстановки и ни один из участков не может быть признан критическим априорно, на основе его положения в технологической цепочке.

По мере спецификации всех ресурсов предприятия слоевая схема расширяется и довольно быстро становится слишком сложной для реального использования. Тогда прибегают к разделению схемы на фрагменты и продолжают работать с каждым фрагментом отдельно. Параллельно проводится объединение ресурсов в более крупные группы, отчего слоевая схема становится проще, хотя и теряет в точности. Реальные события происходят на уровне конкретных ресурсов, а более высокие уровни (страты) являются их обобщающими отражениями. Теперь

возникает возможность управления ресурсами на уровне групп с последующей детализацией по более мелким фрагментам. В некоторых случаях возможна замена материалов на другой размер (профиль) или даже марку, что приводит к появлению конструкторско-технологических извещений. Такого рода решения расширяют пространство маневра при выполнении производственного плана.

Представления о слоях и стратах сводятся в единую решетку, изображенную на рис. 3. Здесь прямоугольниками обозначены ресурсы, овалами – процессы, столбцы соответствуют слоям, а строки – стратам. Страто-слоевая решетка представляет собой регулярную структуру, пригодную для спецификации реальных ресурсов, участвующих в работе предприятия. Решетка позволяет исследовать процессы управления ресурсами на уровне теории с использованием математических методов. Вместе с тем, она может рассматриваться с практической точки зрения, поскольку на ее основе формируются устойчивые во времени организационные и программные средства, решающие самые различные задачи.

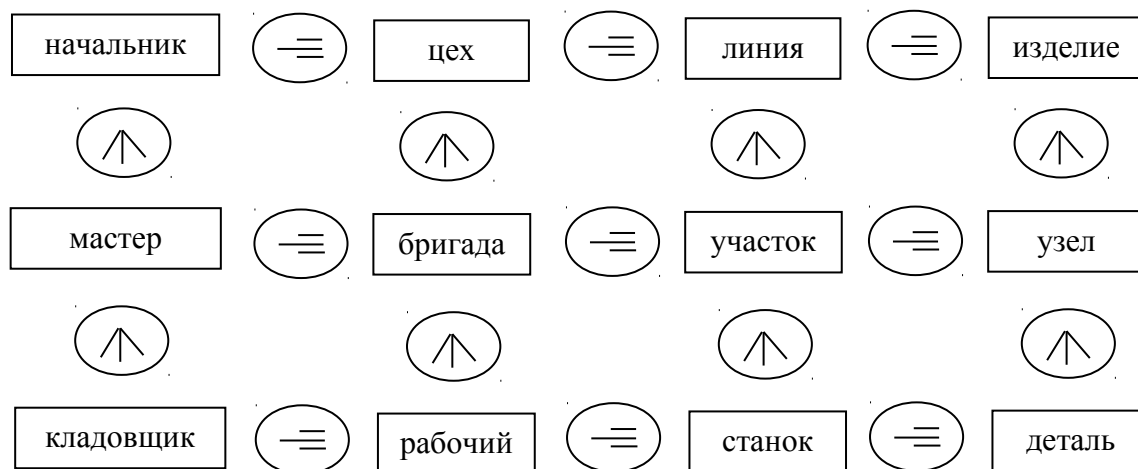


Рис. 3. Страто-слоевая решетка

Модель системы управления. Управление предприятием осуществляется на основе многоэшелонной структуры, то есть иерархической системы подразделений. Страто-слоевая решетка позволяет обнаружить механизмы формирования подразделений и порядок их взаимодействия. Руководитель верхнего уровня имеет в подчинении некоторое количество рабочих подразделений, а также два вида вспомогательных – для управления общими ресурсами и общими процессами.

Эшелон первого уровня, нанесенный на страто-слоевую решетку, представлен на рис. 4.

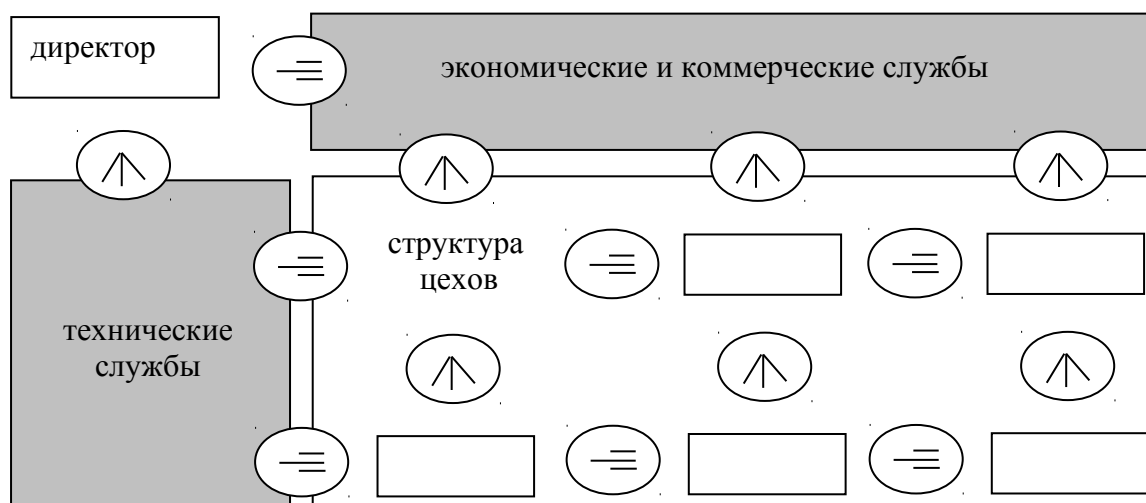


Рис. 4 Формирование многоэшелонной структуры

Человек обладает скромными вычислительными возможностями, поэтому он не использует страто-слоевую решетку в явном виде, то есть не создает единого хранилища данных, специфицирующих каждый ресурс и процесс. Более того, каждый руководитель, решающий частную задачу, формирует свою страто-слоевую решетку, отмечая в ней только те ресурсы, с которыми он имеет дело. Проблемы, возникающие в процессе взаимодействия работников, связаны прежде всего с несовпадением локальных страто-словесых решеток, то есть с несоответствием частных моделей общей модели управления предприятием.

В рамках информационной системы совсем нетрудно создать единое хранилище для специфицированных данных о ресурсах. Для этого необходимо разработать и внедрить программное обеспечение специального вида, чтобы свести в нем воедино различные средства спецификации, применяемые сегодня администрацией предприятия, конструкторами и технологами, аналитиками и программистами.

Инструментальное средство. Перейдем теперь к вопросам практической реализации тех представлений, которые были изложены выше. Универсальный характер процедур оперативного контроля позволяет построить универсальное программное средство, полезное на первых стадиях формирования единой информационной системы предприятия.

На рис. 5 представлена класс-диаграмма программной надстройки, названной «Клетка», поскольку речь идет о спецификации матрицы ресурсов и процессов, то есть страто-слоевой структуры. Логическая основа надстройки предполагает наличие древовидных объектов (ресурсов, процессов), на пересечении которых могут находиться определенные ресурсы, по которым фиксируется план, факт, прогноз, дефицит или любые другие данные.

Наиболее простой вариант использования – составление дерева материалов и дерева подразделений, в которых они могут находиться. Предполагается, что конкретные данные поступают на нижний уровень системы, а для всех остальных уровней проводятся автоматические расчеты. Пользователю предлагается определить интересующий его ресурс (все ресурсы, материалы, металлы, стали, сталь А15), подразделение (все предприятие, производство, цех № 4, участок № 17) и время (год, квартал, месяц, декада). После этого пользователь получает необходимые данные о плане, факте, прогнозе, дефиците по выбранной клетке.

В процессе внедрения надстройки возникает целый ряд проблем, решение которых, как показывает практика, положительно влияет на развитие структуры управления. Первая проблема связана с построением дерева ресурсов (то есть с разделением ресурсов на слои), что отражает слабую группировку ресурсов и слабое использование возможностей замены на уровне крупных групп. Вторая проблема – процедуры занесения информации о фактическом состоянии ресурсов, которая отражает пробелы в первичной информации. Более подробно «Клетка» и методы ее применения описаны в [4].

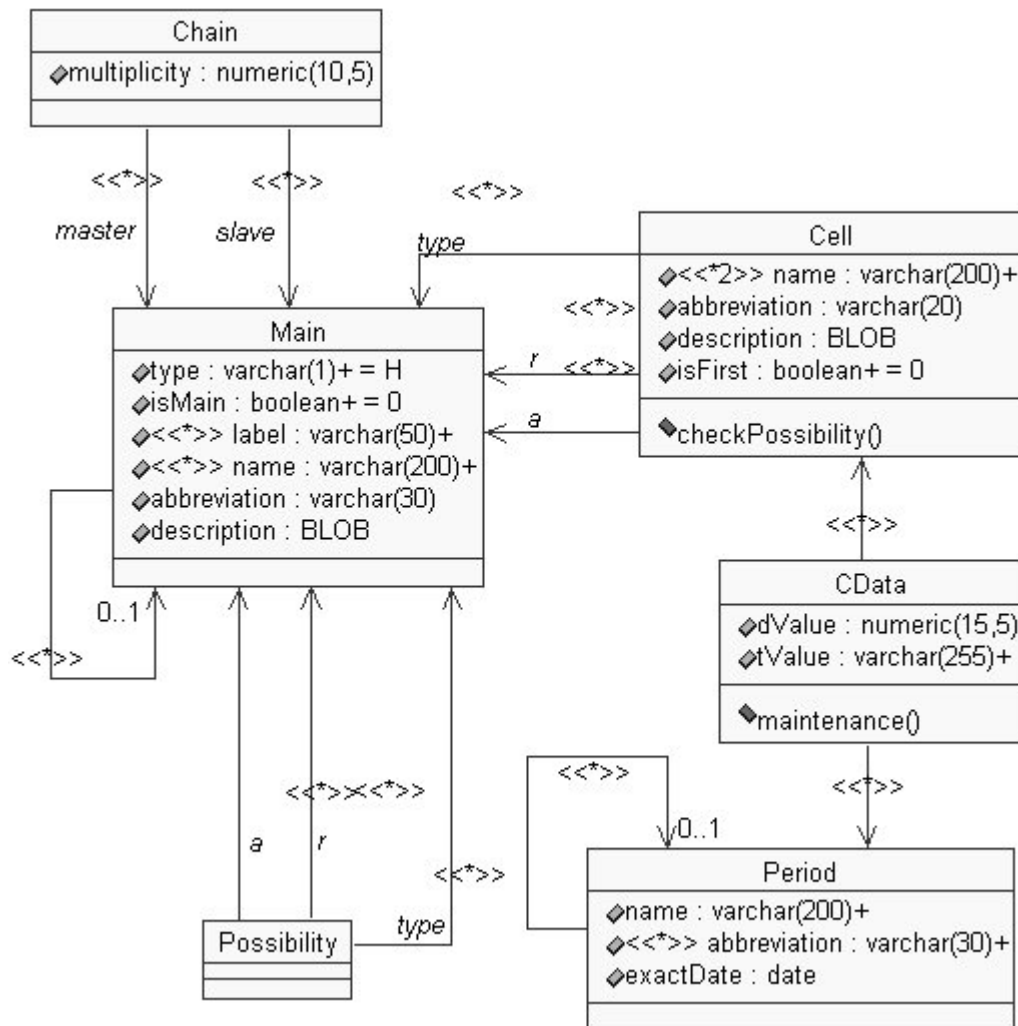


Рис. 5. Класс-диаграмма информационной системы «Клетка»

Поскольку на первых порах внедрения продукта страто-слоевая решетка как правило плохо упорядочена, в системе имеется возможность использовать не только основные структурные понятия (main), но и альтернативные группировки (chain), устанавливая соответствие между теми и другими. Этот компромисс позволяет работать с плохо упорядоченными структурами, но с самого начала отделять вторичные группировки от основных.

Практика использования. Представленные здесь методы и программная надстройка на их основе использовались при решении ряда практических задач оперативного контроля и управления. Первым объектом для внедрения стало предприятие, выпускающее электротехническую продукцию (стартеры и генераторы) для автомобилей. Решалась задача учета движения материалов.

Сбор информации осуществляется с помощью развитых подсистем «Конструкторская спецификация», «Сбыт», «Снабжение», «Производство»,

обеспечивающих сквозное управление материалами от включения их в состав изделия до бухгалтерского учета. Планирование запасов и движения материалов позволяет автоматически рассчитать расхождения с планом на всех уровнях и получить как общее представление о подразделении (для удобства записи помечены красным, желтым и зеленым), так и оценку сбалансированности входящих в него подразделений (синий). Например, при общем выполнении плана по цеху отставание одного участка компенсируется перевыполнением плана на другом.

Следует отметить, что «Клетка» была разработана после того, как указанные подсистемы были внедрены. Практика использования показала, что целесообразно начинать работы по структуризации раньше, в момент анализа крупной задачи, поскольку надстройка позволяет показать имеющиеся расхождения в группировке и устранить их путем простого согласования. Та же работа, проведенная в процессе построения рабочих подсистем, требует гораздо больших усилий и времени.

Надстройка использовалась также при выполнении информационных проектов для технического университета, клинической больницы, инновационного центра. На ее основе построены система управления информационными проектами, система оценки научных коллективов и решены некоторые другие задачи. Общая оценка предлагаемого подхода позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, использование страто-слоевой решетки на ранних стадиях построения информационных систем оказывается весьма полезным и позволяет решить целый ряд проблем стратегического планирования. Во-вторых, разработанные сегодня версии надстройки пока еще не реализуют всех технологических возможностей, которые открывает применение страто-слоевой решетки. Работы в данном направлении продолжаются [5].

Литература

1. Аоки М. Введение в методы оптимизации. – М.: Наука, 1977. – 344 с.
2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб: Издательство СПбГПУ, 2003. – 520 с.
3. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

4. Свид. № 2004611460. Информационная система «Клетка» / Л.А. Лыноградский, Ю.Л. Лыноградский, Г.В. Николаев (Россия), Заявл. 06.04.04; Опубл. 15.06.04; Бюл. ФИПС №3(48).
5. Лыноградский Л.А. Концепция системного проектирования. – Самара: СамГТУ, 2005. – 180 с.