

УДК 62 + 141.2

СУБСТРАТНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ В САПР

Румянцев А.А.

(Краматорский экономико-гуманитарный институт)

Статья посвящена проблеме построения структурно-оптимальных моделей и алгоритмов в САПР и в системах государственного управления с помощью субстратного подхода, основанного на выявлении ключевых моментов оптимизации (субстратов). Вводится понятие субстратной оптимизации. Описываются эксперименты на физических и компьютерных моделях. Приводятся теория, технология и алгоритмы построения оптимальных моделей путем субстратной модернизации законов кибернетики.

Ключевые слова: субстратный подход; субстратная оптимизация; модель; САПР, субстрат.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) изначально были предназначены для применения компьютерных технологий с целью частичной автоматизации некоторых функций, связанных с разработкой проектных решений первоначально в машиностроении. Важнейшим составным элементом любого проектирования является процесс творчества, который, как оказалось, невозможно полностью автоматизировать. В связи с этим возникает острая потребность в разработке таких технологий автоматизированного проектирования, которые позволяют отделить творческую составляющую от алгоритмической. Под этим следует понимать, что процесс творческого решения проблем, возникающих при разработке проектных решений тоже может быть частично формализован и алгоритмизирован. Именно эта проблема разработки САПР решается путем применения разработанного автором субстратного подхода. Причем не просто решается в традиционном

стиле улучшения проектных решений, а путем получения наилучших решений из всех возможных в данной ситуации. Этот процесс автор назвал субстратной оптимизацией, который, фактически, развивает идею традиционной параметрической оптимизации, производимой на базе математических моделей. Но, как оказалось, такие математические модели можно построить только в достаточно редких ситуациях проектирования. Высказанные выше тезисы будут ниже подтверждены с помощью моделирования на физических и компьютерных моделях.

Синтезом, как известно, называется процесс соединения элементов в систему с целью решения определенной прикладной задачи. В субстратном подходе впервые показано, что соединять элементы в систему можно с разной мерой эффективности, а, следовательно, всегда есть наилучшее решение, которое автор и назвал субстратной оптимизацией. Субстратной этот вид оптимизации назван потому, что он достигается после того, как будут найдены основные субстраты, от которых как раз и зависит оптимум целевой функции. Популярно выражаясь, при решении подобных задач можно сказать так: «Нашел субстрат – решил проблему!».

Итак, субстратной оптимизацией систем называется процесс нахождения такого способа соединения элементов в систему, при котором числовое значение целевой функции будет оптимальным при заданных ограничениях [1]. Идея субстратной оптимизации является развитием идеи достижения системного эффекта. Методология субстратной оптимизации разработана на уровне философского знания и поэтому обладает предельной универсальностью своего применения, что позволило расширить диапазон применения законов кибернетики для субстратной оптимизации моделей в САПР [2]. Субстратный подход дает возможность развития законов кибернетики следующим образом:

1. В законе черного ящика – построить субстратно-оптимальную модель его функционирования;
2. В законе обратной связи – построить субстратно-оптимальную модель обратной связи;

3. В законе внешнего дополнения – привести гносеологическую схему [1] и алгоритм субстратной оптимизации обеих указанных выше моделей;
4. В законе эмерджентности – привести субстратный алгоритм достижения системного эффекта [1];
5. В законе необходимого разнообразия – путем привнесения гносеологической схемы реализовать требуемую субстратную оптимизацию разрыва между сложностями моделируемой и моделирующей систем.

Покажем практическую реализацию указанных выше теоретических положений с помощью эксперимента на физических и компьютерных моделях, которые описывают аналогичные проблемы построения субстратно-оптимальных моделей в САПР и в системах государственного управления, и которые возникают на стыке творческих и алгоритмических решений. В качестве физической модели возьмем логическую игру «Калейдоскоп» (рис. 1).

Эта игра включает в себя коробку квадратной формы, в которую можно уложить 20 разноцветных фигур (8 больших треугольников, 8 малых треугольников, 4 параллелограмма) более чем тысячью вариантами. Сформулируем три задачи субстратной оптимизации моделей в САПР:

1. Кто первый соберет квадрат. Целевой функцией, которую нужно минимизировать, является время сборки;
2. Кто сделает больше сборок за ограниченный промежуток времени (например, за 20 минут). Целевой функцией в этом случае является количество сборок;
3. Кто оптимизирует одну из заранее сформулированных целевых функций, которые возникают в процессе разработки предыдущей САПР.

Все три эти задачи решаются по одному и тому же алгоритму (свойство предельной универсальности) субстратного подхода. Покажем некоторые из этих решений.

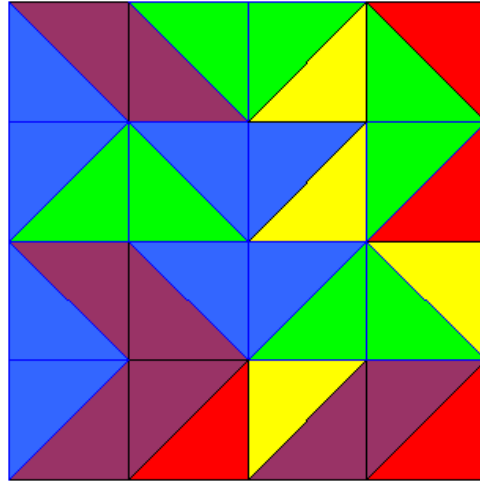


Рис. 1. Логическая игра «Калейдоскоп» - модель
субстратной оптимизации алгоритмов в САПР

Исходными инструментами субстратного подхода являются:

1. Гносеологическая схема – всеобщая модель субстратного анализа и синтеза систем путем движения по уровням абстрагирования (рис. 2).
2. Всеобщий алгоритм движения по уровням абстрагирования гносеологической схемы
0 – 4 – 3 – 2 – 1 – 0.
3. Всеобщий алгоритм достижения системного эффекта и субстратной оптимизации целевой функции (рис. 3).

Гносеологическая схема представляет собой предельно общую модель субстратной оптимизации любых систем. Напомним, что гносеология – это наука о познании окружающего нас мира, раздел философии. Одна из основных идей построения этой схемы заключается в выделении сначала самого главного в проблеме, потом менее главного и т.д. Этот процесс имеет блочно-иерархическую структуру, напоминающую устройство русских матрешек. Действительно, сначала в качестве главного берутся уровни абстрактного мышления. Сам процесс абстрагирования – это всегда процесс такого мышления, при котором выделяется главное и отбрасывается второстепенное. Таким образом получается, что с помощью гносеологической схемы мы преодолеваем сложность объектов анализа. Но далее, на каждом уровне аб-

страктного мышления, в свою очередь, всегда есть нечто самое главное и менее главное. Получается как бы выявление главных уже по горизонтали. При этом и значимые фрагменты информационного контекста и сами субстраты (ключевые моменты оптимизации системы) как раз и есть то главное. Такой процесс выявления иерархии главных, представлен в виде итерационного процесса. Иначе, применение подобных итераций, называется методом последовательных приближений. Как оказалось, именно такая организация проведения анализа и синтеза систем приводит к единственному наилучшему результату из множества возможных, к субстратно-оптимальному.

Понятие	Целевые подсистемы				
Степень стабильности и важности сущности	Бытие (<u>основание</u>)	Сущность (<u>основа</u>)	Необхо- димость	Явление	Действи- тельность
Способ познания	Всеобщее	Общее	Конкретно- абстрактное	Особенное (специфика)	Конкретно- отдельное
Уровень абстрагиро- вания	Уровень целостности	Уровень класса задач	Уровень обобщенного алгоритма	Уровень конкретной модели	Уровень практики
Номер уровня абстрагирования	4	3	2	1	0
Вид системы	Идеальная	Идеальная	Идеальная	Идеальная	Материальная
Вид модели	Логичес- кая	Символь- ная	Качест- венная	Количест- венная	Натурная
Концепт (системо- образующее свойство)	Свойство целост- ности	Свойство общности между всеми задачами (<u>субстрат</u>)	Отношение связи между блоками	Отношение связи между параметрами	Свойство зависимости эффектив- ности системы от структуры
Структура системы (системообразующее отношение)	Отношение соподчинен- ности по уровням абстраги- рования	Отношение принадлежности к классу	Набор свойств, описывае- мых блоками обобщенно	Набор свойств, описываемых параметрами	Отношение между элементами объекта
Анализи- руемые и конструи- руемые системы	Система систем, образую- щих иерархию	Все задачи или объекты класса	Обобщенный алгоритм решения класса задач	Алгоритм решения конкретной задачи или проблемы	Объект исследо- вания

Рис. 2. Гносеологическая схема уровней абстрагирования, целевых подсистем и других объектов субстратного подхода

Сама по себе, эта гносеологическая схема может быть еще больше детализирована [4,5], что, по всей видимости, таит в себе массу новых возможностей субстратного анализа и синтеза любых систем.

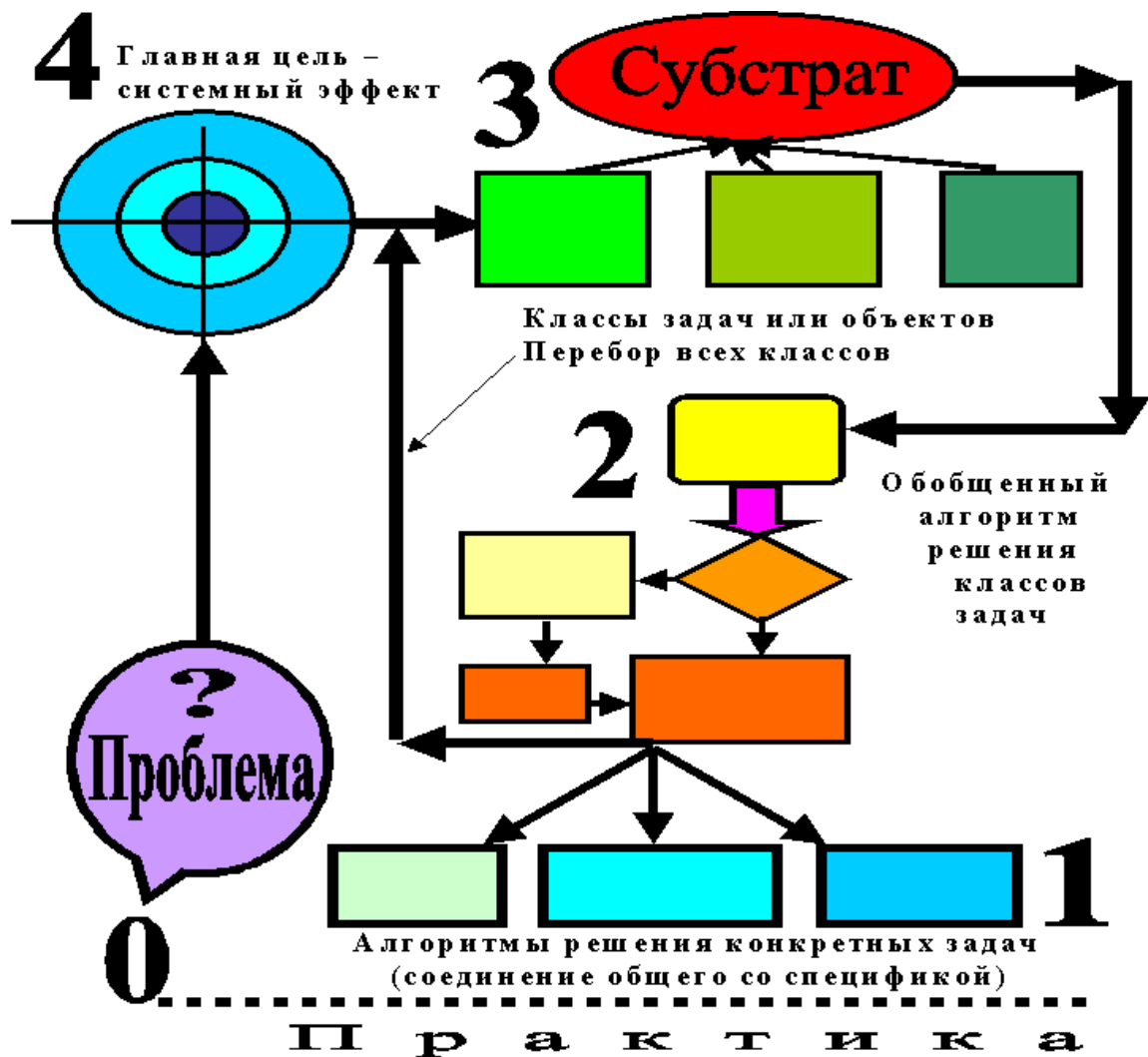


Рис. 3. Алгоритм достижения системного эффекта и субстратной оптимизации систем. Цифры – номера уровней абстрагирования

Описанные выше мыслительные процессы выходят за рамки наших стандартных представлений и наделены особым статусом. В работе [5] этот способ мышления назван субстратной рефлексией. Именно применение такого мышления приводит к построению субстратно-оптимальных, т.е. наилучших при заданных условиях систем. Поэтому, такой способ мышления можно рассматривать как один из наиболее важных моментов оптимизации систем любого управления. Поэтому, деловая игра «Калейдоскоп» может рассматриваться и как тренажер для развития способностей к оптимальному

управлению, и как тестирующая процедура, с помощью которой можно осуществлять функции контроля в иерархических структурах управленческих кадров.

В результате подобного субстратного анализа процессов автоматизированного проектирования технических систем и разработки стратегических планов в менеджменте мы приходим к неизбежному выводу: интеллект, творческие способности и, особенно, способность инженера или менеджера к мышлению по типу субстратной рефлексии, являются своеобразными субстратами в классе психологических проблем управления.

Поэтому мы должны прийти к логически неизбежному выводу: если мы хотим обеспечить субстратно-оптимальное управление процессами автоматизированного проектирования или стратегического планирования, то возникает реальная потребность в проведении специального обучения и тестирования кадров на всех уровнях. Гносеологическая схема представляет собой детализированный алгоритм движения по уровням абстрагирования с целью выявления субстратов, из которых и строится субстратно-оптимальная стратегия решения проблемы. Опишем этот алгоритм в последовательности, которая декларируется предельно универсальным алгоритмом, и который заявлен в гносеологической схеме на уровне всеобщего (4-ый, самый высокий уровень абстрактного мышления) $0 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0$:

- Нулевой уровень абстрагирования, уровень конкретно отдельного – это уровень конкретной ситуации получения проектного решения. Обычно это уровень натурального (материального) объекта. Здесь абстрагирование, как таковое, фактически отсутствует, за исключением формулировки цели получения проектного решения.

- Четвертый уровень абстрактного мышления, уровень всеобщего – это уровень максимально универсальных моделей, которые имеют предельно возможный диапазон своего практического применения. На этом уровне декларируются и формулируются следующие универсальные модели: гносеологическая схема (рис. 2), всеобщий алгоритм движения по уровням абстра-

гирования $0 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0$, алгоритм достижения системного эффекта и субстратной оптимизации целевой функции (рис. 3).

- Третий уровень абстрагирования, уровень общего – это уровень выявления субстратов. Субстрат, как известно, - это всегда общее в классе объектов, подведенное под отношение целесообразности. Другими словами, есть цель автоматизированного проектирования, есть класс решаемых задач и в каждом классе есть самое некоторое самое главное, от которого зависит решение проблемы. Это главное и есть субстрат. Вспомним: нашел субстрат – решил проблему. Выполняется этот фрагмент алгоритма в следующей последовательности. В исходном информационном контексте, который предельно детально описывает постановку задачи, сначала выявляются так называемые значимые фрагменты этого информационного контекста, т.е. те его составные зоны, которые оказывают наибольшее влияние на оптимизацию целевой функции. Затем, в выявленных значимых фрагментах находятся субстраты – ключевые моменты эффективности, влияющие на субстратную оптимизацию целевой функции. Выполнение этих процедур требует применения специального способа мышления, который называется субстратной рефлексией [4,5] и принципиально не может быть жестко алгоритмизирован, кроме применения описанных выше эвристических алгоритмов в виде гносеологической схемы, всеобщего алгоритма $0 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0$ и алгоритма достижения системного эффекта.

- Второй уровень абстрагирования, уровень конкретно-абстрактного – это уровень обобщенного алгоритма субстратной оптимизации разрабатываемой модели или процесса. Это главная цель любого автоматизированного проектирования.

- Первый уровень абстрагирования, уровень особенного – это уровень выявления специфики данного класса задач. Если все вышележащие уровни абстрагирования (4,3,2) учитывают только общее, то первый уровень учитывает специфику рассматриваемого класса задач или класса объектов.

- Нулевой уровень абстрагирования, к которому мы вернулись – это уровень практического применения разработанного алгоритма или построенной

модели. Это как раз то, ради чего рассматривались все вышележащие уровни абстрактного мышления, в точном соответствии с известным алгоритмом познания: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике ...».

Алгоритм достижения системного эффекта и алгоритм субстратной оптимизации целевой функции (рис. 3) в точности повторяет изложенный алгоритм движения по уровням абстрагирования (номера уровней абстрагирования обозначены цифрами) за исключением одного момента. Алгоритм носит итерационный характер, т.е. имеет вид последовательного приближения. Другими словами, по мере выявления новых субстратов мы каждый раз добавляем новый цикл приближения к системному эффекту или, говоря иначе, к субстратному оптимуму целевой функции.

Покажем, как работают эти алгоритмы в описанной выше деловой игре «Калейдоскоп», которая моделирует все аспекты субстратной оптимизации любых систем. Напомним, что, согласно широко известному определению, модель – это объект любой природы (материальный или идеальный, т.е. мыслимый) с помощью которого мы получаем информацию о другом объекте. «Объектом» в виде материальной модели в нашем случае является пластмассовая коробка с разноцветными фигурами, а в виде идеальной модели – описанный ниже алгоритм для идентификации сборки, который в рамках автоматизированного проектирования играет роль функции контроля в управлении процессом сборки квадратов. «Другим объектом», в данном случае, является процесс автоматизации проектирования технологии решения приведенных выше трех моделирующих задач субстратной оптимизации сборочных работ.

В задаче №1 нужно минимизировать время первой сборки. После детального субстратного анализа выявляем следующие три значимых фрагмента информационного контекста этой задачи:

1. Начало сборки, т.е. постановка первой фигуры. Субстратом в данном случае является вывод о том, что если первую фигуру поставить неправильно, то при дальнейшей сборке она никогда не будет успешной. Одним из ва-

риантов проявления этого субстрата является, например, постановка большого треугольника прямым углом в угол квадрата так, как это показано на рис.5.

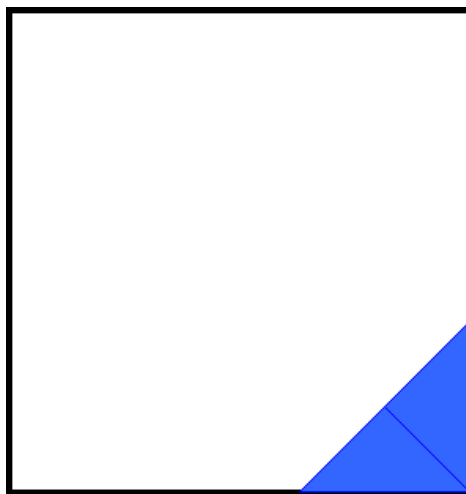


Рис. 5. Пример ошибочной первой сборочной процедуры. Показана неправильная установка большого треугольника.

2. В середине сборочного процесса действуют свои субстраты, которые заключаются в том, что соединять между собой фигуры можно только строго определенным образом, т.е. так чтобы стороны фигур между собой или полностью совпадали, или разница между их длинами была кратна двум. На рис. 6 показан пример такого неправильного соединения фигур.

Данный субстрат имеет строгое логическое обоснование. Все дело в том, что стороны фигур могут сочетаться между собой только двумя возможными способами: правильно и ошибочно. Например, как это показано на рис. 6, соединяя катет малого треугольника с катетом большого треугольника, мы всегда будем получать элемент нестыковки фигур, который впоследствии нечем будет заполнить. Таким образом, выполняя на втором этапе сборки только правильные стыковки, мы всегда с логической неизбежностью придем к третьему, завершающему этапу сборки. Именно в этом, в данном случае, проявляется закон логической неизбежности получения субстратно-оптимального результата стратегического управления процессами автоматизированного проектирования и стратегического менеджмента. При выполне-

нии технологических рекомендаций субстратного подхода, мы всегда действуем под девизом «Нашел субстрат – решил проблему субстратной оптимизации». С другой стороны, сам факт выполнения мыслительных операций в духе субстратной рефлексии гарантированно приводит к получения наилучших при заданных ограничениях решений.

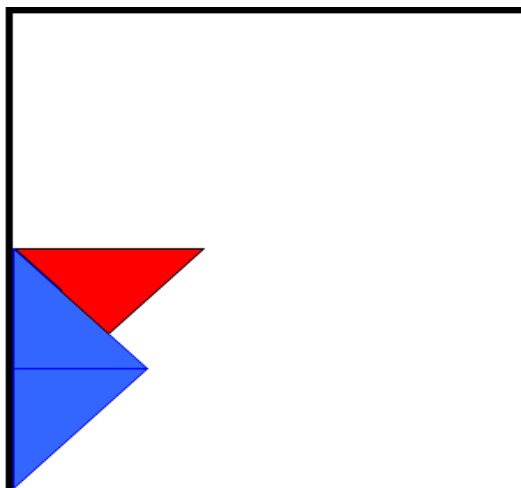


Рис. 6. Пример ошибочного соединения элементов в систему в ходе выполнения сборочных работ в середине второго этапа сборки квадрата.

3. В конце сборки могут возникнуть ситуации, когда осталась одна фигура, а незаполненных области оказалось две. Эта ошибка всегда может быть исправлена путем целенаправленной перегруппировки фигур, сопрягающихся с незаполненными областями.

Интересно, что приведенное деление сборочного процесса на три этапа в точности соответствует методу деления шахматной партии на дебют, миттельшпиль и эндшпиль. В этом проявляется свойство универсальности субстратного подхода.

В задаче №2 нужно максимизировать количество сборок за ограниченный промежуток времени. В этом варианте проблемы оптимизации выделяем два иерархически соподчиненных класса задач: идентификация сборки и субстратная оптимизация целевой функции – количество сборок за определенное время. При этом первая проблема может быть представлена как зада-

ча субстратной минимизации целевой функции – стратегии идентификации сборки. Важно понять, что обе задачи решаются по тому же алгоритму, что и предыдущая. В случае решения проблемы идентификации сборки нам не обойтись без разработки соответствующей компьютерной модели, что и было сделано автором. При этом вводится понятие идентификационного кода сборки, который позволяет хранить в базе данных код каждой удачной сборки. Таких вариантов сборок к настоящему времени зарегистрировано более тысячи в специальной базе данных.

В задаче №3 нужно максимизировать или минимизировать идентификационный код сборки. И опять обе задачи решаются с помощью одного и того же алгоритма [1, стр. 83]. Именно в этом и проявляется свойство предельной универсальности субстратного подхода, высокой прогнозирующей способности и, следовательно, его высокой научной значимости.

Выводы

Разработанный автором субстратный подход обладает предельной универсальностью своего практического применения, т.к. разработан и обоснован на философском уровне. Он применим буквально везде, где необходимо строить модели, алгоритмы, стратегии, где возникает потребность в субстратной оптимизации целевых функций. А эта проблема возникает во всех науках. Предлагаемая теория субстратной оптимизации целевой функции обладает уникальной возможностью резко повысить не только эффективность автоматизированного проектирования, но и стратегического управления государством и организацией. Он позволяет буквально за несколько итераций (не превышающих, как правило, десяти) найти максимум или минимум целевой функции. Эта проблема успешно решается путем нахождения наилучшего варианта управления, среди более, чем тысячи возможных вариантов принятия решений, как, например, в задаче "Калейдоскоп". Ни одна из известных в настоящее время западных теорий, ни SWOT-анализ, ни петля научения Франсиса Ж. Гуияра и Джеймса Н. Келли, ни широко известная теория Дж. Гилфорда о дивергентной генерации вариантов с последующим выбором наилучшего, таких результатов не дает. Этот вывод автор подтвер-

ждает с помощью более тридцати имитационных моделей, одна из которых достаточно подробно показана в этой статье.

Библиографический список

1. Румянцев А.А. Оптимизирующий менеджмент: руководство по обучению и практическому применению.- Донецк.: Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2010, - 124 с.
2. Румянцев А.А. Применение субстратного подхода, кибернетики и менеджмента в оптимизации управления. Экономика современного предприятия, Декабрь, 2010. www.esp-izdat.ru
3. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование. Москва, 2000
4. Гагаев А.А. Теория и методология субстратного подхода в научном познании. Автореф. ... дис. докт. филос. Наук.- М., 1994.
5. Гагаев А.А. Теория и методология субстратного подхода в научном познании. - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1994.-48с.

Инициалы и фамилия автора на английском языке А.А. Rumyantsev