

Еланчик Феликс Иосифович

О генерационном аксиоматическом системном динамическом анализе

Записка 4 (часть 1)

К описанию методов комплекса грасода

Вводное замечание

В записках 1- 3 кратко описаны предпосылки анализа задач описания больших систем согласно методическому комплексу ГРАСОДА. Основой комплекса является открытая система методов, т.е. стандартных структурированных совокупностей операций, используемых для накопления информации о решаемых задачах и их решения. Особенность комплекса ГРАСОДА состоит в сочетании ориентировки на использование методов краткого, быстрого анализа с использованием неограниченных по количеству множеств методов, управление которыми осуществляется с помощью структурирования (этих множеств и отдельных методов) и членения на части повышенной стандартности («алфавитные» части). Система методов в этом случае приобретает некоторое свойство со стандартными математическими системами, начиная с числовой, и в конкретных случаях выбор нужного сочетания методов производится с помощью операций, похожих на вычисление. Могут быть поставлены задачи о полноте использования средств рационализации конкретного решения и степени когерентности протекания изучаемого процесса при наличии множества уровней глобальности его рационального описания, о конкретной роли случайности в его протекании. В этих условиях большое значение имеют **принципы** формирования методов. Изложению некоторых главных таких принципов посвящено последующее изложение.

Замечание. По-видимому, начать следует с принципа, определяющего саму возможность построения эффективных общих эвристических методов. Это **принцип незамкнутости** методов и их систем. Описание метода «доводится» (доделывается) для конкретной задачи; «доводка» производится согласно более общей схеме, которая тоже может «доводиться». Предпочтение отдаётся простым или опробованным вариантам, которые корректируются по мере необходимости. Такой подход позволяет обходить «алгоритмическую неразрешимость» общих классов задач, т.е. невозможность решать их с помощью одного алгоритма. Дополнительные средства такого обхода задаются использованием многозначной логики и неклассическими постановками промежуточных задач («задачи обновления базовой информации», «задачи проверки реализации относительной симметрии» («проверки своеобразия») и т.д.). В системе ТРИЗ Г.С. Альтшулера интуитивная интерпретация этих методов относится к «развитию творческого воображения». Такими путями увеличивается разнообразие используемых алгоритмов, что повышает общность методов.

1. К ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТОДОВ.

Процесс формирования методов ГРАСОДА можно подразделить на этапы:

- а) оптимистический,
- б) символично-лингвистический,
- в) бионико-диалоговый,

г) формально-имитационный,

д) вакантно-уровневый.

На **первом из этих этапов** решались задачи с явно заданным первичным структурированием решения. Такой, в частности, оказалась задача о низкочастотных колебаниях сжимаемой среды в системе магистралей сложной конструкции. В этом случае решение сводится к выбору локального объекта (например, пробега плоской упругой волны через короткий участок магистрали) и к последующему применению **аксиом**, а также методов **блоков, образов, представлений, перечней** (см. записки 1 и 2). При этом выбираются классы рассматриваемых конструкций и отбираются реализуемые варианты упрощений типа, задаваемого упомянутыми методами.

На последующих этапах разбирались ситуации, в которых структурирование процесса решения задачи устанавливалось в ходе исследования. На **втором этапе** формулировались в простейшем возможном виде противоречия, определяющие алгоритмические особенности решаемой задачи, искались простейшие разрешения этих противоречий, формулировались лингвистические образы такого разрешения, строились соответствующие относительно простые математические модели воплощений таких образов и проводилось совместное описание моделей, соответствующее условиям задачи. К этому этапу относятся простейшее описание причин перехода от ламинарного к турбулентному движению и оценка соответствующих чисел Рейнольдса, описание применения в эвристике понятий литературы и искусства, другие описания формализации и применения в эвристике ранее неформализованных понятий. В частности, противоречие, определяющее формирование турбулентного потока сплошной среды, описываемой уравнениями Навье - Стокса, есть противоречие между свой свойствами выравнивания распределения вихрей во взаимодействующих объёмах вязкого потока и наличием восстановления и усиления неравномерности вихрей в потоке. Причиной проявления возможности усиления неравномерности вихрей оказывается нарушение взаимодействия объёмов из-за их взаимного смещения. При больших числах Рейнольдса время такого смещения оказывается меньше времени существенного взаимодействия. Это легко показать, рассматривая взаимодействие взаимно смещающихся кубических объёмов сплошной среды. Время такого взаимодействия, как известно, грубо (пренебрегая размытостью процесса) оценивается величиной l^2/e , в то время как время взаимного смещения с потерей связи между частицами оценивается величиной l/v . (Здесь l - размер частицы, v - относительная скорость, e - кинематический коэффициент вязкости). Частное от деления этих величин друг на друга равно числу Рейнольдса для взаимного смещения.

Кроме смещения самого по себе, играет роль относительное инерционное ускорение потока, конвективная форма которого реализуется при неравномерных смещениях. Данное явление не исчерпывает, однако, сложности ситуаций возникновения турбулентности. Взаимное смещение частиц, однозначно связанное с краевыми условиями например при безвихревом движении однородной сплошной среды, не ведёт к возможности турбулентности, поскольку существует свойство сохранения без вихревых течений и поскольку такое смещение не может вести к проявлению в потоке ситуаций увеличения числа степеней свободы. Не ведёт к турбулентности и равномерное вихревое течение без сдвига или с равномерным сдвигом, причём в последнем случае такой сдвиг ведёт к рассеянию возникающих неравномерностей. Известно, что возникновение неустойчивости стационарных потоков возможно при существовании максимумов «скольжений» - вихрей и сдвигов в прямолинейном потоке, но и это свойство не является достаточным для возникновения турбулентности. Самопроизвольное изменение направления потока может происходить при наличии дополнительной продольной неравномерности потока – так называемого «внутреннего обтекания», т.е. поперечного

перехода от максимумов одних трубок тока к минимумам других с соответствующим изменением давления среды и относительных скоростей потока. (Для простоты и определённости описания противоречия прибегаем к предположению о несжимаемости потока, но суть явления реализации немонотонности поперечного распределения давления сохраняется и в сжимаемом потоке). Примером реализации «внутреннего обтекания» является течение в переходном слое начального участка затопленной струи со стороны ядра струи. Однако и таким образом явление турбулентности не вполне объясняется, поскольку при числах Рейнольдса, мало отличающихся от «ламинарных», изменение направления потока и дополнительный изгиб границы исходной струи ведут к такому изменению распределения сил вязкости, при котором возникающий фрагмент «размазывается», струя не распадается, но лишь пульсирует. При дальнейшем увеличении числа Рейнольдса для возникающего фрагмента, которое самопроизвольно происходит по мере рассеяния границы струи, пульсация сменяется возникновением цепочек пограничных вихрей, которые далее тормозятся, возникают вновь с увеличенными размерами и на следующем этапе увеличения числа Рейнольдса начинают отрываться от исходной струи. И, наконец, на следующем этапе роста числа Рейнольдса для переходного слоя накладываются друг на друга отрывающиеся вихри разных размеров, вихри наибольшего размера извергаются цепочками из выступов границ переходного слоя, направление их движения корректируется силами Жуковского, и они «нагоняют» вихри от соседних выступов, образуя единую область движения, похожего на хаотическое. Это и есть переход к турбулентному режиму течения. На соседних последовательных этапах перехода к турбулентности отношение размеров возникающих вихрей равно примерно 3,5 – 4,5 (это соотношение уточнялось на следующем этапе исследования методов). Наложение внешних колебательных воздействий может, согласно такому механизму, как ускорять, так и замедлять переход к турбулентности в зависимости от параметров колебаний

Другой пример: применение понятия ритма как постоянного соотношения количеств мобилизуемых пробных вариантов компонентов искомого составного объекта позволяет оптимизировать систематизацию результатов поиска при большом количестве компонентов.

На **третьем этапе** некоторые объекты-части описаний выделялись (вычленялись) интуитивным умозрительным путём. Позже получаемое решение проверялось с помощью известных стандартных соотношений. В частности выделялись движущиеся и деформирующиеся объёмы сплошной среды с определёнными преемственными свойствами (в качестве опорных объектов). Такие объёмы (монады, вихри) играют, в частности, роль турбулентных молей из теории Прандтля. Их физическую природу при больших числах Рейнольдса можно лишь с большой погрешностью определить как «движущиеся вихри», поскольку существует, хотя и относительно слабый, но заметный обмен веществом между этими образованиями и окружающей средой. Более точным является представление этих образований как «вихревых волн». Такие образования могут иметь непростую преемственную структуру, включать вихри как одного и того же, так и разных и даже противоположных, направлений. Их сопряжение с окружающей средой имеет форму пограничных слоев, т.е. имеет свойства как размытого непрерывного перехода, так и локализации с определенными преемственными параметрами. При этом параметры пограничных слоев неравномерно распределяются по контуру образований и там может иметь место «внутреннее обтекание». В этом случае можно предполагать, что механизм рассеяния турбулентного моля имеет общее с механизмом рассеяния турбулентной струи, а длина пробега сопоставляется с длиной начального участка струи соответствующего размера. В свою очередь размеры упоминаемых объёмов сопоставлялись с размерами струй, пограничных слоев, обтекаемых тел, определяющими

их возникновение. При этом опорные, рассматриваемые как стандарт, соотношения для струй сплошной среды (получаемые экспериментально) дополняются уравнениями Эйлера для среды, в которой не проявляется вязкость, некоторым учётом вязкости по уравнениям Навье – Стокса. (Замечаем, что упоминаемые соотношения хорошо согласуются с порядково-симметричным описанием обмена веществом между частями потока по обе стороны средней поверхности переходного (пограничного) слоя струи). Учёт ламинарной и турбулентной вязкости облегчается с помощью соображений, мобилизуемых посредством применения **метода блоков** (см. записку 2). Эти соображения: каждый турбулентный моль имеет размытое поле влияния, которое рассеивается вдали от моля, между турбулентными молями, как правило, имеется некоторое минимальное расстояние, при существенном относительном движении близких молей каждый моль испытывает влияние нескольких других молей, которое автоматически усредняется, каждый турбулентный моль имеет ограниченное время существования, вне которого его влияние на поток ограничивается небольшим количеством параметров с затухающим изменением. Получаемые описания применялись для качественной оценки причин отклонений реальных характеристик авиационных моторов от предполагаемых, причин дефектов производственных установок и мер по устранению дефектов.

Получено общее качественное описание развития турбулентного потока в затопленной струе и в тракте с твёрдыми стенками.

В **затопленной струе** увеличение турбулентной вязкости по сравнению с ламинарной и рост толщины слоя смешивания (переходного слоя) ведёт к увеличению размеров образующихся вихрей, что в свою очередь сопряжено с дальнейшим увеличением путей пробега турбулентных частиц. Реализуются **прямой и обратный** вихревые каскады. Реализация обратного каскада (увеличение вихрей) частично описана выше. Процессы последовательного увеличения размеров вихрей в потоке повторяются, поскольку массовое присутствие вихрей малого и промежуточного размера определяет ситуацию повышенной эффективной вязкости, в которой формируются вихри большего размера. Скорость повторных реализаций каскада выше скорости первой реализации, вследствие чего процесс, описанный выше, оказывается устойчивым. Прямой каскад (распад вихрей по Ричардсону – Колмогорову) реализуется в данном случае так: на границах вихревых областей имеет место расслоение сталкивающихся потоков, так что эта граница имеет свойства границы струи; вдоль неё и формируются небольшие вихри, которые дают начало ещё меньшим вихрям. Общее состояние турбулентности потока поддерживается, благодаря параллельному протеканию в разных его местах всё новых процессов, аналогичных переходу от ламинарного течения к турбулентному. В итоге переходная зона расширяется по потоку, заполняемая вихрями разных размеров. Изменение тенденции развития процесса имеет место после того, как поперечный размер переходной зоны достигает, примерно, 0,8 от исходного поперечного размера струи. Далее вниз по потоку переходные вихревые области интенсивно деформируются в зонах минимального давления вблизи границы переходной зоны внутри струи. Образуются «языки», направленные внутрь струи, которые далее сворачиваются в дополнительные вихри. Сопротивление потоку в середине струи увеличивается, вследствие чего выравнивается продольная скорость потока во внутренней зоне поперечного сечения струи (известный процесс «схлопывания» переходного слоя). Данный процесс ведёт, далее (ниже по потоку) к дополнительному продольному расслоению потока на расстоянии от середины струи примерно 0,2 от поперечного размера. Механизм этого расслоения аналогичен механизму расслоения потока около стенок диффузора и связан с суммированием сил давления и вязких сил. Расслоение влечёт за собой формирование дополнительной «слагаемой» переходной зоны. Во внутренней части струи это ведёт к повторному «схлопыванию» и последующему расслоению, во внешней части – к появлению серии расслоений, примерно параллельных друг другу. Появление расслоений

и выравнивание осевых скоростей среды между ними ведёт к изменению ситуаций «внутреннего обтекания», к увеличению местных поперечных скоростей деформирования вихрей, их вытягивание в поперечном направлении, с другой стороны дробление струи снижает общую скорость распространения струи, а понижение скорости в середине струи относительно её окрестности при «схлопываниях» и срабатывание там же гидравлического сопротивления приводит к возможности прорыва окрестной среды внутрь струи в направлении против основного потока. Струя распадается.

Приведенная картина развития турбулентной струи соответствует экспериментальным данным, но связана также с подробностями, полное описание которых выходило бы за рамки данной записки. Эти подробности частично описаны выше. Их воспроизведение, в частности, позволяет разбираться в реакциях параметров струи на изменение условий её формирования.

В тракте с твёрдыми стенками развитие турбулентного потока существенно отличается от его развития в затопленной струе, однако содержит сходные основные этапы. Поток в тракте содержит участки входа, переходный и основной. Течение в них зависит от формы и шероховатости стенок, от течения перед входом и условий нестационарности. Мы рассмотрим случай течения во входном и переходном участках со стационарными предельными условиями, преимущественно постоянным поперечным сечением и гладкими стенками, без поворота и с равномерной эпюрой скоростей на входе. В этом случае переход к турбулентности может быть чрезвычайно затянут, если скорость на входе плавно увеличивается. Причину этого рассмотрим позже, здесь же примем скорость среды на входе в тракт не меняющейся. Подслои потока, параллельные стенке тракта, имеют различную структуру, но для тех из них, которые в участке входа втекают в пограничный слой, на стенках, выполняется общее свойство: скорость торможения в направлении вниз по потоку сначала растёт, потом падает. В зоне малых чисел Рейнольдса как по размеру от входа в тракт, так и по поперечному размеру вихревого слоя у стенки, ускорение торможения приходится, в основном, на участок с относительно малым «участием» вязкости в продольном торможении потока. Ускорение торможения здесь происходит под действием повышения давления в направлении по потоку, причём ещё до входа в магистраль. На эту часть потока пограничный слой действует, в основном, как продолжение твёрдой стенки. С увеличением упомянутых чисел Рейнольдса возникают существенные зоны однонаправленного совместного действия вязкости и давления. Эти зоны являются первоначальными источниками изменений потока в сторону перехода к турбулентности. Здесь происходит расслоение – дополнительное торможение потока, и возникает ситуация «внутреннего обтекания» при не малых числах Re . По трубкам тока начинают пробегать волны поперечных пульсаций (см. описание возникновения турбулентности струи), далее вниз по потоку эти волны приобретают «гребешки» - вихри, затем, в согласии с экспериментом, в анализе рост числа Рейнольдса ведёт к появлению зон перемежаемости с отрывающимися вихрями, и, наконец, эти зоны сливаются, появляются каскады вихрей, а сочетание расположений отдельных вихрей теряет когерентность. Пограничный слой становится турбулентным. При дальнейшем развитии потока в направлении по течению проявляется разница условий свободной затопленной струи и течения у стенки. Ускорение, передаваемое в поток, близкий к стенке, турбулентным вихрем при размерах вихря, достаточно больших по сравнению с расстоянием до стенки, (порядка этого расстояния.) ведут не к увеличению размеров вихря, но к появлению дополнительных расслоений. К этому ведёт дополнительное ускорение торможения давлением, связанным с вязкостью, зона максимального такого торможения совпадает с зоной наибольшего неравновесия сил вязкости, наибольшего изгиба эпюры этих сил в поперечном направлении. Появление турбулентных вихрей приводит к сдвигу этой зоны в направлении стенки за пределы основной части образовавшихся вихрей. При дальнейшем повышении числа Рейнольдса для пограничного слоя создаются условия для формирования дополнительной цепочки турбулентных

вихрей, близкой к эквидистантной первой, но сдвинутой в сторону стенки. За зоной максимального давления (можно также сказать – ближе к стенке) расслоение потока может происходить лишь постольку, поскольку оно индуцируется более далёким от стенки «разгоняющим» потоком. Эти подслои турбулентного пограничного слоя называем «инициируемыми», а внешние подслои – «инициирующими». В инициируемом подслое размеры возникающих вихрей существенно нестационарны, их преемственное увеличение со временем и сдвигом по потоку может быть связано не только с рассеянием, но и продолжением развития турбулентности около индуцированных расслоений. Изменение наклона эпюры сил вязкости в поперечном направлении уменьшается. Течение в этом подслое более хаотично, нежели во внешнем подслое. В литературе инициирующий подслои называют «слоем закона следа», инициируемый подслои – «слоем закона стенки» (оба слоя выявляются с помощью эксперимента)

Замечание. Расслоение потока в инициирующем подслое может происходить лишь при достаточно «резких» изменениях давления. Такие условия реализуются вблизи уже имеющихся турбулентных вихрей, а также в зонах первичных активных изменений в потоке при небольших числах Рейнольдса. Если влияние этих изменений подавляется, например, ускорением потока (что бывает при плавно выполненном входе в тракт), то переход к турбулентному пограничному слою может сильно затянуться и фактически происходит под влиянием внешних случайных колебаний.

Коснёмся ещё некоторых общих свойств турбулентного потока Развитие турбулентных образований (выступов, молей, «выделенных вихрей» (областей вихря одного направления среди безвихревого течения) происходит в несколько стандартных этапов. Называем их этапами **провокации, развития, регулирования, преобразования**. Например для турбулентного выступа состояние «провокации» - появление ситуации «внутреннего обтекания» в исходной струе, «развитие» – реализация положительной обратной связи величины новообразования и перепада давлений, под действием которого оно формируется, «регулирование» - реализация закручивания выступа под действием смещения зоны провокации (закручивание в спираль), «преобразование» - переход от спирали к односвязному вихрю в результате распространения сил вязкости. При достаточно больших числах Рейнольдса происходит отрыв вихря от выступа, причём вихрь не «сносится», а «скатывается» с выступа, т.е. сохраняется непрерывность и минимально изменяется гладкость изменения скорости в пространстве, но изменяется пространственная структура связей между последующими изменениями скорости во времени.

На этом же этапе формирования методов проводилось решение задач о распространении тепла в неоднородной многомерной среде с разрывами. В каждой такой системе вычленились одномерные звенья распространения тепла. Для первоначально грубого определения отклонений распределения тепла от одномерного в остальных частях системы задавались по несколько пробных вариантов и производился отбор оптимального варианта. Результат далее уточнялся с помощью метода итераций.

На этом же этапе установлена последовательность реализации **этапов продвижения исследования** (см. записку 2). Особенность этой последовательности по сравнению, например, с АРИЗ Г.С.Альтшулера, состоит в том, что обобщённые формулировки заданий на отдельные этапы позволяют при наличии трудностей выполнения этих этапов разлагать реализацию этапа, как отдельной задачи, в последовательность аналогичных этапов. Этапы, реализуемые симметрично или по имеющемуся образцу, могут соответственно иметь «облегченные» выражения или, при наличии нескольких таких этапов подряд - вовсе пропускаться. Может также производиться «возвращение к недоделанным этапам», на которых при «первых подходах» применяется многозначная логика. Можно также отметить следующую особенность: результату каждого этапа можно придавать форму, подобную решению поставленной задачи. Например, результатом планировочного этапа, посвящённого

доделке используемого языка, должно быть некоторое «испытание» доделанного языка при решении задачи, похожей, на актуальную. Такая особенность ведёт к концентрации процесса получения вторичной информации на актуальном направлении, к ускорению получения актуальной информации.

Четвёртый этап формирования методов – формально-имитационный – строился на базе работы на предыдущих этапах по формированию «алфавитных» (базовых, «кирпичиковых») понятий анализа. Этот этап посвящён как совершенствованию выражений таких понятий, так и описанию применения их разнообразных систем. Рассмотрим вопросы: **конкретизация понятий, экзотические операции с понятиями, экзотическое формирование применяемых множеств.**

Цели конкретизации понятий – не только доопределение порядка их использования как автономных объектов, но и формирование вакансий на дополняющие объекты, вакансий на актуальное применение, совокупных вакансий на действия в заданных ситуациях и вакансий на развитие деятельности. Таким образом, конкретизация понятий способствует непрерывности реализации, по крайней мере, некоторых видов высоко продуктивного мышления. Имеется возможность независимо от решения конкретных задач дорабатывать компоненты описания ситуаций (параллельно друг другу) и тем готовить не только решение задач, но и их своевременную постановку, отбор и прогноз актуальности. Для примера рассмотрим конкретизацию отношения «сочетание понятий», имеющего разновидности: **согласование, пересечение, альтернатива, замена.** Далее рассмотрим конкретизацию отношения «альтернатива». Это отношение имеет разновидности: **условная, формальная, динамическая, содержательная.** «Условная» альтернатива есть альтернатива логических объектов, совместимость или несовместимость которых зависит от процедуры исследования, но не от содержания объектов. «Формальная» альтернатива связана по крайней мере с формой объекта (например альтернатива точек одной прямой), но её можно обойти путём совместного применения объектов. «Динамическая альтернатива» – альтернатива связей между процессами. Её нельзя обойти как альтернативу, но можно рассматривать противоречиво, как существующую абстрактно, наряду с другими альтернативами. «Содержательная альтернатива» - альтернатива реализуемых ситуаций. Она несовместима с похожими альтернативами. Конкретизируем «динамическую альтернативу» (Конкретизация «формальной альтернативы» есть конкретизация видов формальных объектов и сопутствующих вакансий).

Динамическая альтернатива имеет разновидности:

- а) **виртуальная,**
- б) **опросная,**
- в) **связанная,**
- г) **абсолютная.**

«Виртуальная альтернатива» определяется неизбежными неполнотой и неточностью описания объекта. Существование виртуальной альтернативы определяет наличие вакансий по крайней мере на набор применений одного и того же выражения и их проверок, выявляющих отклонения, а также вакансий на построение зон возможных значений параметров объекта по выявленному значению. «Опросная альтернатива» определяется разницей представляемых сочетаний значений параметров объекта при разных вакансиях на объект. Существование опросной альтернативы определяется

невозможностью точно учесть и однозначно описывать физическую природу объекта. Примером является альтернатива описаний «частица – волна» для одних и тех же объектов в квантовой физике. Опросная альтернатива порождает вакансию на восстановление полной системы опросов, позволяющей создать базовое описание данного объекта, а также вакансию на соответствие применяемого описания вакансии на объект. «Связанная альтернатива» - альтернатива динамических состояний, переход между которыми определяется законами природы. Применение генерационных аксиом определяет возможность применения связанной альтернативы. Наличие связанной альтернативы порождает вакансии на восстановление связей альтернативных реализаций и на восстановление окрестности изучаемой реализации. «Абсолютная альтернатива» – альтернатива физически не связанных объектов. Её существование определяется изменчивостью актуальных вакансий. Такая альтернатива порождает вакансии на расширение, дополнение альтернативных систем вакансий, на исчерпание дополнительных систем, на вскрытие новых возможностей исследования.

Рассмотрим некоторые **экзотические операции** с понятиями. Их цели – расширение разнообразия используемых логических объектов ради увеличения возможностей заполнения актуальных вакансий с наибольшим возможным использованием свойств известных объектов. С этой целью рассмотрим четыре вида логических произведений, из которых, по крайней мере, последние два являются экзотическими.

А) Активные произведения, в частности, определяют смысл фраз, составляемых из понятий – сомножителей. В более общем случае – это произведения понятий, преобразуемых (например, конкретизируемых) при умножении. Преобразование не содержит отрицания смысла применяемых понятий и отрицания несущего множества случаев применения.

Б) Пассивные произведения - «обычный» вид логических произведений. При умножении понятия - сомножители не преобразуются, хотя само умножение может быть нелинейным

В) Псевдоскалярные произведения – «экзотический» вид логических произведений. Являются произведениями понятий, первоначально определённых на таких «несущих» множествах интерпретаций, на которых понятия – сомножители несовместимы. Для умножения необходима дополнительная коррекция «несущих» множеств, позволяющая совместить применение сомножителей. Пример: псевдоскалярное умножение разных чисел, например, 2 и 5. Числа трактуются как прилагаемые к одному и тому же объекту, т.е. как элементы числовой оси они в этом случае несовместимы. Однако их можно применять как характеристики повторяющихся во времени воспроизведений. В этом случае к логическому произведению применений чисел относится применение их чередования. Получаем новый логический объект: альтернативу различных чередований во времени чисел 2 и 5.

Г) Псевдовекторные произведения – логические произведения понятий, применяемых «ортогонально» (независимо) друг по отношению к другу. Относятся к «экзотическим операциям», поскольку являются не результатом совместного применения сомножителей, а результатом продолжения их перечня.

Возможность этого продолжения связана с применением ориентирующего числа 2 (см. записку 2). Покажем некоторые свойства псевдовекторных произведений.

А) Поскольку сомножители изменяются независимо друг по отношению к другу сомножителями оказываются именно понятия с переменными значениями. Например, могут перемножаться понятия «точка» и «окружность». Произведение – «прямая линия» (окружность бесконечного радиуса).

Б) Как и математический прототип, псевдовекторное умножение не является коммутативным. Поэтому умножение понятий «окружность» и «точка» (с изменённым порядком расположения сомножителей) имеет результатом «объект с отрицательным радиусом», который может интерпретироваться как «всасывающий» физический объект наподобие «чёрной дыры».

Далее рассмотрим некоторые специфические множества вакантных совокупностей понятий. Рассмотрим некоторый общий метод приближённого анализа. Приводимый далее пример может считаться не вполне корректным с точки зрения **метааксиом** (см. записку 1) и прогноза актуальности примера, но обеспечивает наглядность описания метода. Пусть требуется найти на действительной оси x корень функции $F(x, a_1)$, зная корень функции $F(x, a_0)$. Функцию F считаем действительной функцией своих действительных аргументов, из которых x - переменная величина, a_0, a_1 - постоянные величины, причём функцию F считаем имеющей разрывы и изменяющейся по весьма сложному закону, сохраняющему, однако в плоскости переменных x, a некоторую преемственность. Для простоты будем полагать, что при постоянных значениях a функция F имеет по одному действительному корню. Для вычисления корня используем известные методы перебора, индукции и экстраполяции, причём индукцию используем для построения окрестности отдельно взятых перебираемых вариантов возможного корня, а экстраполяцию проводим каждый раз, когда по результатам перебора и индукции получаем прогноз возможного сохранения некоторой тенденции. Т.е. каждая экстраполяция основана на результатах не менее чем четырёх актов перебора. Применяется и адаптируется под конкретные условия определённая система назначения не только формул экстраполяции, но и опробуемых и перебираемых значений переменной x . Результатами проб и вычислений становятся значения a , которые сопоставляются с заданным значением. В особо трудных случаях решение достигается сначала для промежуточных значений постоянной a , с поэтапным переходом к заданному значению a .

Особенностью предлагаемого метода является параллельное применение нескольких, не менее чем двух систем назначения опробуемых вариантов. Некоторые из этих систем (т.н. «Д-системы») настраиваются на преимущественную индукцию, получение малых поправок после экстраполяций, малую погрешность прогноза результата проб. Недостаток такой системы – низкая скорость решения задачи, большой объём необходимых вычислений. Другие системы (т.н. «К-системы») настраиваются на высокие интервалы изменений и малую трудоёмкость вычислений пробных и экстраполяционных вариантов при разумно ограниченных погрешностях прогноза и поправках (т.е. на «высокую скорость» анализа). При сочетании применения обоих видов систем Д-системы применяются в ограниченных, небольших интервалах изменений рассматриваемых величин, но зоны их применения могут изменяться по результатам применения К-систем.

Другая особенность предлагаемого метода состоит в том, что, ввиду сложности задачи, пробные варианты применения первоначально ориентированы не на заданное значение параметра a , а на его исходное значение, для которого задана информация. Первоначально реализация обоих видов систем настраивается на симметрию относительно исходного варианта. По мере исследования производится переход к заданному варианту.

Третья особенность – влияние систем назначения вариантов друг на друга. Выше говорилось о возможности влияния результатов работы К–систем на назначение зоны задания вариантов, относящейся к Д–системе. Взаимное влияние систем может также заключаться в обогащении баз задания экстраполяций и проб в различных системах по результатам использования других систем. В случаях, когда такие «переносы опыта» оказываются ведущими к большим погрешностям и поправкам, за счёт влияния на К–системы должно производиться сближение зон задания вариантов для разных систем вплоть до достижения требуемой продуктивности взаимного влияния.

Четвёртая особенность состоит в том, что в случае, когда назначается не только исходное, но и вакантное значение параметра a , корректировки зон назначения вариантов для К–системы, упомянутые выше, распределяются асимметричным образом. Дополнительные изменения вариантов строятся преимущественно для случаев, когда изменение параметра a , компенсирующее ошибку экстраполяции или назначения пробы, ведёт к достижению этим параметром значения в зоне перехода между значениями a_0 и a_1 параметра a . Т.е. переход между этими значениями параметра прорабатывается особенно тщательно, а затем туда переносится зона назначения вариантов для Д–системы. Задача решается с помощью достаточного количества таких переносов.

Отмеченные особенности позволяют назвать данный метод приближённых вычислений **динамическим парадоксологическим** методом (ДПМ). Предлагается назвать метод динамическим, поскольку его применение имеет следующие два свойства:

а) сочетания пробных вариантов, в отсутствие специальных отклоняющих влияний удовлетворяют условиям симметрии, похожим на динамические законы сохранения,

б) накопление данных о результатах проб, экстраполяций, индукции позволяет делать пробы и экстраполяции более «смелыми», а индукцию распространять на более широкие области определения, что приводит к эффекту «ускорения исследования».

Предлагается также называть метод парадоксологическим, поскольку он может быть предназначен для своевременного выявления логико–математических парадоксов и похожих явлений в описаниях, например, турбулентных потоков. Математические парадоксы явились, как известно, причиной кризиса в основаниях математики в начале 20-го века. Сейчас парадоксы различными способами обходят, однако эти способы: аксиоматический, операционный, интуиционистский – имеют признаки частных и не помогают, например, анализировать ситуации в турбулентном потоке, похожие на парадоксальные.

Предлагается считать парадоксы следствием:

а) применения некоторых утверждений к слишком широким, необозримым областям определения,

б) отсутствия «предвестников» парадоксального изменения в существенной части рассматриваемой области определения.

Похожее явление «слома» некоторых повторяющихся тенденций имеет место в динамических активностях турбулентного потока. Для его описания предлагается использовать изложенный выше метод, предполагающий сочетание «ловли неожиданностей» Д-системами с широким поиском, проводимым К-системами.

Пятый этап формирования методов – вакантно-уровневый - посвящён выявлению и учёту сложности реальных задач, ради решения которых строится методический комплекс. Широко применяются стандартные формы анализа (см. записку 2). Для каждой из этих форм разрабатывается система уровней сложности и противоречивости, достаточных (при условии их освоения) для решения задач. Реально, во времени, высокие уровни анализа некоторых форм прорабатывались при выполнении предыдущих этапов, так что пятый этап посвящён, в основном, уровням противоречивости анализа, отображаемой в его языке, уровням противоречивости языка анализа. Примером алгоритмической противоречивости языка является рассмотренный выше метод ДПМ, предполагающий выполнение действий, противоречивых по направлению. Пример динамической противоречивости – описание динамической активности турбулентного моля – его «разрыва». Реально нельзя говорить однозначно о месте и времени разрыва моля, поскольку разрыв некоторых связей в потоке – «разрыв моля», сопровождается колебаниями восстановления связей, перемещением мест разрыва, образованием промежуточных вихрей, разнообразными расслоениями потока. Так что образ однократного разрыва оказывается приближённым и не всегда корректным. Некоторые подробности описания уровней форм анализа содержатся в следующих главах данной записки. Здесь отметим, что существует ситуационно симметричное соответствие между одновременно применяемыми уровнями разных форм анализа.

Кратко опишем разницу и процедуру перехода между описаниями баз разных уровней для одной и той же формы анализа. А) Решение задачи более высокого уровня невозможно без дополнения языка анализа, причём это дополнение недопустимо при сохранении уровня анализа. В то же время все процедуры, в которых сохраняется один и тот же язык анализа (с учётом оттеняющих альтернатив), принадлежат одному и тому же уровню анализа. Б) Решение задачи более высокого уровня не является решением задачи более низкого уровня. В) Задачи более низкого уровня решаются при допущениях и ограничениях, исключающих переход изучаемой системы на более высокий уровень за счёт допустимого изменения значений переменных. В то же время эти условия не включают асимметричных ограничений разнообразия. Г) Процедуры более высокого уровня отличаются более выраженной «множественностью», например большей мощностью множеств.

Процедура построения алгоритмической базы каждого последующего уровня включает элементы, подобные процедурам перехода на более низкие уровни анализа и их суперпозициям, но не сводится к этим суперпозициям. Выполнение суперпозиций проделанных процедур перехода не ведёт к изменению уровня анализа. Отсюда следует, что каждый конкретный переход на более высокий уровень анализа – сложнее, нежели аналогичные повышения уровня, при которых достигаются более низкие уровни.