

Еланчик Феликс Иосифович

О генерационном аксиоматическом системном обозримом динамическом анализе.

Метод опор и его применение для анализа турбулентных потоков однородной сплошной среды

Вторая редакция.

ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Одним из приложений языков, натурфилософских интерпретаций, информации и выводов, относящихся к комплексу ГРАСОДА является некоторая *эвристическая теория турбулентности*. Ограничение точными формальными методами при описании турбулентных потоков практически невозможно даже при уверенности в корректности первичных динамических описаний, например, гидрогазодинамических уравнений Навье – Стокса. Причина – большое разнообразие ситуаций, сложность формы и разнообразие необходимых алгоритмов описания потоков. Общая корректность статистических методов (выход за пределы частных случаев и специально подбираемых классов течений) также подвергаются сомнению, поскольку для успеха применения этих методов без комбинации с эвристическими (например, без оптимизации языка) необходимо постоянство (в общих случаях) таких соотношений, которые не могут быть в достаточной мере проверены, вызывают сомнения с натурфилософской точки зрения и оказываются, как правило, неоправданно сложными. Преимуществом эвристической теории в «ею же допускаемых» случаях её применимости является то, что применяемые при её формировании натурфилософские предпосылки позволяют регулировать не только правдоподобие, но и доступность получения и применения результатов.

В предыдущих наших Записках (см. сайт, [комплекс ГРАСОДА](#), [Записки 4\(1\)](#), [4\(3\)](#), [4\(4\)](#), [4\(5\)](#)) показана возможность применения предпосылок и методов комплекса ГРАСОДА для ответов на проблемные вопросы описания турбулентного течения сплошной среды. В частности, указана возможность объяснить явления фрагментированного вихревого турбулентного потока с помощью сочетания описаний а) усиления неравномерностей маловязкого потока с искривленными линиями тока и скольжением, б) разницы (зависящей от масштабов движения), между скоростями относительного конвективного движения и выравнивания вихрей в вязкой среде, в) выделения, деформаций и разрывов участков потока с автономно формирующимся состоянием вихревого поля, г) статистического эффекта реализации в потоке множества поперечных движений вихревых систем как эффекта усиления проявлений вязкости. Показана также возможность ограничивать и уменьшать количество системных и математических операций приближённого и качественного анализа потока путём применения *антропного противоречивого алгоритмического принципа*, следующих из него аксиом и методов. В качестве основы первичного динамического описания однородных потоков выбраны уравнения Навье – Стокса. Однако при этом не проводилась проработка многих проблемных вопросов формирования сквозных практических процедур исследования и описания реальных потоков

Цель данной работы – прояснение возможностей создания таких процедур. При формировании работы не ставилась в качестве цели полная формализация процедур – эта задача, в её нынешнем состоянии слишком объёмна для рамок данной работы. Однако, как надеется автор, в данной работе достигнуто существенное продвижение в анализе проблемных вопросов, облегчающее не только решение некоторых конкретных задач, но и планирование доводки решения проблем в практически важных общих случаях. Ставилась цель – по возможности минимизировать и сделать практически выполнимой

«человеческую» составляющую диалоговой процедуры с перспективой дальнейшей формализации в, упомянутых выше, практически важных классах случаев.

В первой редакции работы («Об опорных описаниях турбулентных потоков») удалось решить лишь некоторые фрагменты поставленной задачи. Сформулировано (но не объяснено в достаточной мере) понятие «метод опор». Показано, что с помощью опор турбулентный поток в разнообразных случаях можно описывать подробно, а к использованию опор можно применять операции формализации. В данной редакции сделана попытка дать, хотя бы первоначальное, полезное и замкнутое определение самого метода опор в общем виде, а также описание его применения к проблеме турбулентности, характера возникающих проблем и способов их решения. При этом используется материал, ранее помещённый в Записки о комплексе ГРАСОДА. Проведена некоторая ревизия ранее помещённых фрагментов процедур различного уровня и, в частности, к перечисленным выше добавлен ещё один источник своеобразия процессов в турбулентном потоке. Таким источником является свойство расширения в физическом пространстве, с течением времени, зоны турбулентности потока при условии строгой локализации этой зоны в некоторый момент времени и сохранении во времени пространственного источника турбулентности. Причина такого расширения – не тривиальное рассеяние зоны, а самопроизвольное восстановление факторов турбулентного расширения зон неравномерности потока, сохранение материальных источников турбулентности (источников струй, мест отрыва пограничного слоя от стенок диффузоров и т.д.), конвективный перенос мест неравномерности потока, свойства которых провоцируют активное развитие поперечных перетоков. Примерами такого развития зон турбулентности являются развитие струй, развитие метеорологических явлений, связанное с локальными неравномерностями потоков солнечного тепла, переход от ламинарного потока к турбулентному в гладких трубах, вызванный случайным вихревым возбуждением и т.д.

Замечание о применении качественных недоопределённых описаний.

К приведенным выше соображениям о применении (возможно, временном) интерактивных процедур для описания турбулентных потоков добавим соображения о применимости не только определённых качественных, но и недоопределённых лингвистических объектов для описания процедур анализа турбулентности даже в формализованных вариантах. С одной стороны такие соотношения могут, при достаточной качественной проработке задачи, быть в достаточно общем случае приведены к виду, имеющему порядково симметричную формальную интерпретацию (т.е. формальную интерпретацию «по умолчанию», эффективно корректируемую в конкретных случаях). При этом сами соотношения могут оставаться симметричными относительно рассматриваемых задач (симметрично совместимыми с ними). В то время как их формально интерпретируемые (в традиционном смысле) воплощения из-за разнообразия оказываются невыразимыми. Т.е. данные соотношения оказываются симметричным средством формализации. С другой стороны, если в качестве таких недоопределённых объектов исследования рассматриваются места повышенной неравномерности параметров (например повышенного скольжения слоев – сочетания повышенных значений вихря и скорости сдвига), то даже при частичной потере свойств непрерывности и устойчивости распределений параметров (свойств повторимости, в некотором смысле необходимых для теоретического исследования), этими свойствами можно продолжать пользоваться, относя их не к примитивно описанным в стандартных координатах параметрам, но к формам зон качественно описанных значений величин и неравномерностей некоторых параметров. В несжимаемом потоке к таким параметрам относятся скольжения, а также градиенты давления и сил вязкости. Эти параметры, как правило, связаны друг с другом, но по-разному применяются. Причинами изменения форм зон изменения параметров являются не только конвективные переносы, но и некоторый обмен веществом с окрестностью зоны, а также переменный характер условий

формирования зоны в «открытых» процессах.. При полной или частичной формализации процесса анализа эти причины должны явно выражаться через значения некоторых параметров или их изменения в пространстве – времени

Замечание о способе изложения метода опор.

Одна из особенностей метода опор – <необходимость его применения и его применимость> в чрезвычайно разнообразных условиях. В этих условиях специально следует обеспечивать доступность достаточно общего применения – конструктивность описания. Для выполнения этого требования в предлагаемом тексте использован следующий приём. **Тексты с более общим и более конкретным содержанием чередуются.** При этом тексты более общего содержания используются как опоры при интерпретации и развитии в практических целях текстов более конкретного содержания. Тексты же конкретного содержания могут, (кроме непосредственного применения) в совокупности с <противоречивым антропным алгоритмическим принципом, генерационными аксиомами, конкретными условиями и конкретной семантикой языка> быть использованы как опорные для построения других текстов относительно конкретного содержания. *Задание таких видов изменения текста как чередующихся повышает их возможности как опор, поскольку в этом случае вместе с опорой в виде текста какого либо вида каждый раз задаётся опора в виде перехода между текстами разных видов, что облегчает применение текстов обоих видов, в особенности на этапе, когда отсутствует полная формализация метода.*

Отметим, что тексты более конкретного содержания могут быть использованы для формирования и индуцирования на общий случай понятий сложного характера и других сложных компонентов текстов более общего характера. Следовательно чередование более общего и более конкретного анализа может быть использовано не только для рационализации, но и для расширения, усиления эффективности формализуемого анализа процессов

Замечание о применяемых и исследуемых количественных данных.

Для определённости и простоты изложения в данной записке рассматриваем проблему турбулентности при условиях: химически однородный поток, малая дозвуковая скорость. Кроме того, в некоторых случаях используются задания предельных условий перехода между качественными состояниями потока (разрывы вихрей и пр). Обращаем внимание на то, что именно в этих случаях наблюдается возможность упрощенного расчёта некоторых количественных характеристик, включая использование симметричных соотношений между различными размерами турбулентных образований. В более общем случае такие характеристики используются как опорные.. .

1. МЕТОД ОПОР. ПРИНЦИПЫ И ПУТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ

1.1 ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДА ОПОР

1.1.1. Метод состоит в построении (для заданного множества задач с неизвестным алгоритмом решения) множества промежуточных задач, с относительно высокой имитационной симметрией, относительно низкой мощностью этого множества, относительно высокой содержательной активностью как перехода к решаемым задачам, так и перехода от базы к данному множеству. Выстраиваемое множество называем **опорой**.

Дополнение. Решаемые задачи обладают по отношению к опоре повышенной **динамико-алгоритмической пассивностью** при переходе к каждой из них от опоры. В отличие от этого перехода, переход от базы к опоре обладает не только содержательной повышенной, но и алгоритмической и другими видами повышенной активности. Другими словами этот переход по данным направлениям содержит информацию, не принадлежащую к относительно имитационно порядково симметричному несущему

множеству вариантов информации. Он содержит «существенно новую» информацию. При этом разрешаются основные противоречия первоначального задания перехода от базы к решению задач.

1.1.2. Метод является одним из *пакетных методов*, ориентированным на исследование заранее определённых множеств задач. слабо «привязанных к базе». Применяют минимальную композицию формирования опоры, т.е. минимальное по мощности множество последовательных переходов к промежуточным задачам между базой и опорой, направленных на восстановление опоры. Композиция конкретного расширения опоры (перехода к актуальным задачам) также имеет свойства минимальности.

1.1.3. Опора является распределённым (т.е., в частности, виртуальным, актуально бесконечным) относительно порядково симметричным описанием.

1.1.4. Сделаем замечание о соотношении понятий *опоры* и *активности* описаний. Согласно подходу, принятому в наших Записках «активности» являются своего рода «аномалиями» продолжения развития множества совместимостей. Опоры же – результаты формирования множеств таких «аномалий», формирующихся при развитии перехода от базы к решениям поставленных задач, удовлетворяющие условиям минимизации множества аналогичных аномалий, необходимых, но ещё не воспроизведенных при решении данных задач. Если сопоставлять активности с дифференциалами описания процесса решения задачи, то опоры можно сопоставлять с текущими интегралами, описывающими этот существенно подвигающийся процесс. Соответственно опоры бывают разных видов, сходных по определённым свойствам с видами активностей («статические», «алгоритмические», «динамические» и т.д.). Статическая опора является одновременно динамической и алгоритмической.

1.1.5. Применение метода опор связано, кроме сказанного выше, со специфическим подходом к понятиям *активности* и *пассивности*. Эти понятия относим не только к отдельным вакансиям и разрешениям на множестве их возможных значений (в определённом порядке воспроизводимом), но к парам вида «база – вакансия (разрешение при заданной вакансии)». Именно к таким парам относим характерные для пассивности свойства повторимости (симметрии) и характерные для активности свойства неповторимости (асимметрии). Другим словами, даже, вообще говоря, повторимый, часто встречающийся в практике объект не считается пассивным, если он слабо соответствует применяемой в данный момент базе. Такие объекты считаем **условно активными**. И, наоборот, если актуальные объекты восстанавливаются с помощью логических образований, содержащих локальные активности, имеющие свойства повторимости (например, периодичности, или безотказной воспроизводимости в совокупности с некоторым задаваемым объектом), проявляющиеся при восстановлении актуальных объектов и обеспечивающие доступность их воспроизведения, то трассу восстановления и все объекты на ней называем **условно глобально пассивными**. Если же трасса восстановления не содержит явных активностей, примитивный перебор её точек возможен, но восстановление затруднительно из-за неповторимости расположения отдельных последовательных переходов, то распределение логических объектов на трассе разрешения вакансии считаем обладающим **распределённой квазиактивностью**. В этом случае при переходе от базы к опоре принимаем дополнительные меры по изучению трассы, а при переходе от опоры к актуальной вакансии принимаем меры по оптимизации опоры.

1.1.6. Построение распределённых опор ведётся на основе символического («простого») представления их неразделяемых фрагментов, описания и сопряжения активностей и их фрагментов. В отличие от активностей опора ориентирована на определённое множество задач и имеет структуру, соответствующую этому множеству. Активности, относящиеся к опоре, можно подразделить на активности «предельные» («продольные») и «поперечные». «Предельные» активности соответствуют переменной

вакансии на опору и принадлежат опоре как функционирующему множественному объекту. Реализация относительной симметрии их задания на множестве опор соответствует минимальности отличия опоры от базы и минимальности явного активного содержания базы при сохранении эффективности базы и опор по отношению к актуальным вариантам.. «Поперечные активности» принадлежат опоре как изолированному объекту.

1.1.7. Построение неразделяемых фрагментов ведётся на основе построения параметров, определяющих <эти фрагменты и их сопряжение>, на основе конечных (интегральных) представлений физических соотношений. Неразделяемые фрагменты являются компонентно симметричными частями активностей. Они представляют собой объёмы – как части <асимметрично описываемых «латентных» активностей – нерегулируемых промежутков между активностями и регулируемыми зонами>, так и связанные части активностей и *регулируемых зон* (см.ниже).

1.1.8. Наряду с упомянутой в п.4 «общей» классификацией опор применима специфическая классификация опор – качественное разделение по степени доступности построения, проработанности, эффективности. С этой точки зрения разнообразные опоры подразделяются на **символьные, переменные – корректируемые, недоопределённые и эффективные.**

Символьные опоры состоят из последовательно и параллельно применяемых *символов* – предельно упрощённых формулировок и разрешений противоречий, -как правило, компонентов общего противоречия, разрешаемого построением опоры. (Здесь под последовательным применением символов понимается их применение к результатам некоторого предыдущего применения, позволяющее разрешать усложнённые противоречия. Последовательный анализ автономных противоречий с независимым построением символов относим, среди других случаев, к параллельному применению символов.)

Переменные – корректируемые опоры есть «опоры поиска опор», применяемые в сложных случаях. Должны, как и символы отличаться доступностью построения и разрешением «просто формулируемых» противоречий, однако, в отличие от символов, должны способствовать получению дополнительной эффективной информации о задаче благодаря соответствующей сложной структуре и возможности проверить и скорректировать эффективность этой структуры и содержания её элементов.

Недоопределённые опоры содержат истинные противоречивые свойства решения, но не содержат в явном виде его формализации и условий формирования соответствующих алгоритмов. При достаточной разработке недоопределённых опор можно, пользуясь данными лингвистической семантики, строить для них «порядково симметричные» математические (формальные) «расшифровки» («расшифровки по умолчанию») и потом применять эти «расшифровки» аналогично переменным корректирующим опорам с учётом направляющих ограничений, диктуемых семантикой первоначальных недоопределённых выражений. Т.е. приходится применять, **ограничиваемое «на ходу»**, множество проб и ошибок, позволяющее выйти на формализованный алгоритм решения актуальной задачи.

Эффективные опоры есть базы, с возможностью однозначного построения реального перехода к решению задачи. Такие опоры «диктуют» некоторые последовательности операций, результаты которых определяют следующие последовательности и так вплоть до решения задачи.

1.1.9. Метод опор – весьма общий эвристический метод, идея которого содержится в построениях многих известных формальных и формализуемых методов. Описание совмещённого применения отрезков прямых, при заданной возможности деформаций и предельных переходов, на фоне задания арифметики и алгебры, может служить опорой построения дифференциального и интегрального исчислений. Отдельные слова человеческого языка, при заданной возможности языковых ассоциаций, на фоне «обычно

применяемого» словарного запаса, могут служить опорами построения эффективных текстов, содержащих эти слова. Описания способов разрешения физических и технических противоречий в работах Г.С.Альтшулера, на фоне известных технических устройств, при заданных способах комбинации различных приёмов могут служить опорами процессов формирования изобретательских решений. Однако не всегда целесообразно рассматривать данный метод как автономно формулируемый. Это нецелесообразно при достаточно однообразном применении метода, при его включении в доступный для формулировки вариант аналитических и пр. формализованных методов, при возможности эффективно обогатить содержание метода за счёт применения ранее известной формулировки.

В основном метод применяется, начиная с задач «первого уровня» - уровня моделирования технических систем неограниченной сложности с относительно простыми внутренними физическими процессами.

Сделаем ещё несколько общих замечаний.

А) Любая опора алгоритмического описания содержит формулировки и разрешения противоречий осуществимости такого описания. Среди условий воспроизведения такой опоры всегда бывают условия актуальные и условия упрощения. Кроме того применяются вспомогательные условия, облегчающие воспроизведение опоры в конкретных условиях и (или) переход от опоры к актуальному решению.

Б) Для одного и того же алгоритмического описания можно использовать последовательность опор (цельных или <составных, с автономными параллельными компонентами>) со всё возрастающей симметрией решений относительно этих опор. Мы в данном случае будем уделять особое внимание свойствам т.н. «эффективных» опор, после построения которых реализуется *относительно имитационно-симметричный переход к решению актуальной задачи*. **Эффективности опоры способствует наличие свойства корректности задачи <рассматриваемого нами перехода>**. Переход может выполняться, например, в виде описания **«установления» физического процесса в устойчивой системе или в виде количественной коррекции параметров**.

В) Для облегчения перехода от опоры к актуальному решению целесообразно на этапе составления опоры **решить доступные симметричные компоненты актуальной задачи**. В частности следует пользоваться **корректным определённым видом первичного динамического описания** и соответствующими локальными динамическими объектами. Следует также пользоваться **реальными описаниями небольших участков процессов** с квазистационарным распределением параметров. Целесообразно также проводить **доступную локализацию области расхождения актуальных и опорных параметров**, для чего следует стремиться **реализовать в опорном варианте актуальные краевые условия** (ниже уточняются свойства этого варианта).

Г) Перечислим некоторые разновидности опор описания протяжённых процессов. **Локальными** назовём опоры описания разнообразных вариаций реализации локальных динамических объектов. **Местными** назовём опоры описания и разрешения противоречий в исследовании (замкнутых по какому-либо содержательному признаку) ограниченных сочетаний этих объектов. **Компонентными** назовём опоры описания и разрешения противоречий в совместной реализации локальных динамических объектов и *части краевых условий* (т.е. краевых условий на части границы, части области во времени, для части физических явлений, находящихся друг с другом в отношении *пересечения*)

Опоры описания работы с противоречиями, характеризующими весь исследуемый процесс, назовём **глобальными опорами**.

Упомянутые виды опор отличаются друг от друга не только отношением к полноте описания множеств объектов, взаимодействующих друг с другом, но и *отношением к описанию актуальных предельных условий* существования отображаемых фрагментов процессов. Такие предельные условия отображаются прежде всего в глобальных опорах. В компонентных опорах отображается как актуальная исследуемая часть краевых

условий. Краевые условия описания *локальных и местных* опор должны удовлетворять условиям замкнутости описываемых систем и процессов, практического отсутствия асимметричного взаимодействия описываемых фрагментов основного процесса с *отклонениями* краевых условий. Такой эффект отсутствия асимметричного взаимодействия может достигаться, в частности, за счёт применения последовательного расчёта участков процесса, частично перекрывающих друг друга с учётом ранее получаемых результатов и применением отклоняющихся краевых условий, однородных или с повторением неоднородностей, воспроизведенных в актуальной части участка.

2. Опоры описания турбулентного потока должны быть протяжёнными как в пространстве, так и во времени. В противном случае задача восстановления расширения опоры оказывается **существенно некорректной** (т.е. решение нельзя восстанавливать из-за неединственности, даже применяя регуляризацию).

Протяжённость применяемых опор гармонизирует с протяжённостью задаваемых *предельных условий*. Однако *количественные характеристики протяжённости опор* должны иметь порядок характеристик *всего актуального варианта* (по крайней мере, в отсутствие прямой причинной зависимости между опорным и актуальным вариантами.)

1.2. К РАЗРЕШЕНИЮ ПРОТИВОРЕЧИЙ ВОЗМОЖНОСТЕЙ <ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПИСАНИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА> – ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПОР.

1.2 а) Описание вида метода опор в теории турбулентности включает а) описание примеров опор, б) описание доступных переходов от базы к описанию турбулентных потоков с использованием опор, но без явного разрешения противоречий возможности описания турбулентного потока, в) описание разрешения общих противоречий возможности работы с турбулентным потоком с помощью метода опор в конкретных обобщаемых случаях. В последнем случае разрешение противоречия достигается для реальных задач (или задач с признаками реальности), отбираемых с применением различных антропных принципов (см. ниже). В данном отрывке разбирается, в основном, именно этот последний случай. Другие случаи представлены в работе примерами, разбираемыми при анализе соответствующих задач. Например, к *построениям доступных переходов от базы к описаниям турбулентных потоков*, в частности, относится применение в качестве опоры (при описании «выплесков») описания безвихревого течения во взаимно скользящих зонах, дополняемое описанием влияния турбулентной вязкости на течение среды в окрестности границы этих зон. К нетривиальным *качественным описаниям опор развития струй* можно отнести описание развития внешней части переходной зоны на входе начального участка классической затопленной струи. Условия развития такой зоны нельзя считать симметричными по отношению к условиям развития внутренней («скоростной») части той же зоны, поскольку внешняя часть «почти покоится» относительно сечения входа струи. Имеет место «разлив» пограничной части набегающей струи, с возникновением пакета расслоений, преимущественно продольного направления. При этом поток в переходной зоне струи повторно отслаивается от внешнего и «ядерного» потоков, а остальные расслоения колеблются, рассеиваясь, сливаясь между собой, смещаясь и вновь возникая. У изогнутых линий тока внешнего крайнего расслоения возникают явления «внутреннего обтекания» переходной зоны встречным в относительном движении) потоком. Вследствие этого формируется «батарея выплесков», уменьшающихся в направлении по потоку. Эти «выплески», далее, сливаются, захватывая окружающую среду и осуществляя эжекцию этой среды своей развитой поверхностью. По результату процессы похожи на процессы во внутренней части переходной зоны. Вихри, образующиеся в обеих частях, то сливаются, то вновь возникают разделённые.

Осложнение рассматриваемых процессов – одновременное возникновение вихрей во внешней и внутренней частях переходной зоны. Переходная зона, вследствие этого, в каждый момент времени может иметь волнообразную форму в продольном направлении. В этом же направлении волны перемещаются вдоль зоны. Ещё осложнение – проявления

слабой устойчивости зоны по отношению к перемещениям в направлении, <поперечном по отношению как к потоку, так и к направлению выброса из потока> (для цилиндрической струи – «окружное» направление). Поток в переходной зоне собирается в нестационарные «рёбра» продольного направления с размерами порядка наименьшего поперечного размера переходной зоны. Эти «рёбра» могут, далее, фрагментироваться поперечными «складками», что усиливает общую хаотичность течения.

Рассмотрим некоторые противоречия возможности описания турбулентного потока и пути их разрешения.

1.2 б) Известно, что плоские и цилиндрические границы равномерных невязких струй подвержены действию механизма неустойчивости Кельвина – Гельмгольца. При действии этого и других механизмов неустойчивости потока по Ляпунову задача предсказания изменений в потоке оказывается, фактически, неопределённой. Имеется противоречие между необходимостью и возможностью решения задач. Это противоречие разрешается в указанной части путём такого практически реализуемого задания процесса, при котором границы струй не задаются как цилиндрические и не подвержены действию упомянутого механизма. Для этого в качестве начального состояния процесса задаётся, например, струя с заданным ламинарным переходным слоем и с конфигурацией поля скоростей в тонком пограничном слое у стенки трубы, из которой струя вытекает. У такой струи переходный слой развивается не как цилиндрический; турбулентный поток формируется в результате «внутреннего обтекания» участка переходного слоя и, как движение, на ограниченном отрезке времени проявляет свойства устойчивости. «Выплески» и пр. не «рождаются из ничего», но имеют преактивность. Аналогичные свойства имеют и другие, сходные по основным деталям формы, реализуемые потоки. **Противоречие удалено путём опоры на начальные условия, имеющие реализуемые свойства.** Процесс рассматривается как **звено некоторой последовательной цепи процессов**, свойства которой удовлетворяют *антропным принципам*, в частности **технологическому** (имеет смысл рассматривать только те устройства, которые могут быть разработаны, созданы и применены человеком) и **информационному** (имеет смысл рассматривать лишь информацию, совместимую с предварительно полученной человеком). Можно предполагать, что задание процесса может быть совмещено с заданием предельных условий, не только формально соответствующих задаче, но и отличающихся повышенным правдоподобием. Эти предельные условия и выступают в качестве опор решения.

1.2 в) Даже при наличии свойств устойчивости помехой описанию турбулентных потоков может стать их плохая предсказуемость, когда весьма сложны и изменчивы формы реализации. Некоторые перспективы разрешения соответствующего противоречия подсказываются известной *теорией «странных аттракторов»* и синергетическим *принципом независимости «режима обострения» от «истории» выхода на этот режим.* Согласно упомянутой *теории* сложное движение в системе может определяться ограниченным числом степеней свободы. При этом плохая предсказуемость изменений обусловлена «скачками» и пр. *асимметричными переходами*, совершающимися в ограниченные, преимущественно малые промежутки времени. Согласно же указанному *принципу* плохую предсказуемость процессов можно сводить к плохой предсказуемости их отдельных частей, рассматриваемых автономно друг от друга. Автономными друг по отношению к другу, а , следовательно, в значительной мере стандартными, являются упомянутые выше *асимметричные переходы*. Обе перспективы ослабления противоречия закрепляются и материализуются в существовании протяжённых, *ограниченных и отделённых друг от друга опор* адекватного описания потока, опор компонентов потока, имеющих свойства <<квазипассивных динамических активностей>>, описанных в наших Записках [4\(1\)](#), [4\(3\)](#), [4\(5\)](#).

В этих же Записках приводятся данные об **опорных динамических активностях**, имеющих, наряду с асимметричными свойствами, *свойства, выделяющие их на альтернативных множествах.* Эти свойства заключаются, в частности, а) в проявлении (в

достаточно широких диапазонах отклонений процессов) свойств *асимптотической устойчивости* как самих активных распределений параметров, так и распределений - их последствий. Соответственно такие отклонения процессов проявляются как несущественные. Кроме того такие свойства могут проявляться б) в существовании конфигураций потоков, формально реализуемых, но фактически содержащих почти несовместимые компоненты, быстро исчезающих и не восстанавливающихся. (Пример – непосредственное сопряжение зон максимального момента количества движения - отдельных больших вихрей). Приведенный перечень дополняется случаями потоков с конфигурациями, хотя и быстро исчезающими, однако закономерно восстанавливающимися, повторяющимися, а также случаями допустимого относительно длительного совместного существования конфигураций с ограниченным разнообразием свойств. В результате множество возможных динамических активностей можно, вообще говоря, считать дискретным множеством с ограничениями появления новых элементов и с непрерывными элементами – опорами разнообразных описаний. Опору предсказания активной части движения можно составлять из таких элементов.

1.2 г). Последовательный переход между видами опор: символических, переменных проверяемых, недоопределённых, эффективных можно, в свою очередь, производить с помощью опор такого перехода. При построении опор учитывается реализуемость вариантов задач.

1.3 НЕКОТОРАЯ ЧАСТИЧНАЯ КОНКРЕТИЗАЦИЯ ДАННЫХ ОБ ОПОРАХ ОПИСАНИЙ ПОТОКОВ.

1.3.1. Множество опор описания турбулентного потока должно включать описание безвихревого и невязкого потока, а также описание потока при малых числах Рейнольдса, описания движения с минимальной структурой асимметрии, соответствующей структуре конкретного задания. Опорой (или по крайней мере автономным компонентом опоры) может служить описание вихревого движения без деформации сдвига, а также описание одномерной автомоделльной диффузии вихрей. Внешние краевые условия для опор – по умолчанию – однородность потока на бесконечности. Однако в конкретных случаях могут задаваться актуальные краевые условия или условия автомоделльного продолжения неоднородностей и т.д. Отношения между опорами с данными свойствами активностей (как одинаковых, так и различных разновидностей) могут быть отношениями как альтернативы, так и согласования, пересечения, замены. В случае отношения согласования краевые условия для каждой из согласуемых опор преобразуются в условия сопряжения опор. При этом, если формируется составная опора, то в ней взаимное влияние активностей разных компонентов должно быть минимальным при данной адаптации к условиям задачи (данном использовании условий). Если согласуемые опоры используются порознь, последовательно, то соответствующая частичная адаптация к условиям задачи проводится при каждом новом вводе опоры – компонента.

Струйное движение при больших числах Рейнольдса описывается без учёта истории потока, с условием малых значений парциальных чисел Re в неравномерностях (вблизи мест зарождения струй). Описание развития струйного движения, зарождающегося при больших парциальных числах Рейнольдса, проводится с учётом истории потока.

1.3.2. Опорное движение должно быть устойчивым и допускать регуляризацию описания по основным характеристикам.

1.3.3. При восстановлении реального движения из опор используются отношения порядковой симметрии для изменений как в пространстве, так и во времени и в альтернативе. Каскадные отношения пересечения также используются.

1.3.4. В асимметричных случаях коллективных взаимодействий используются дополнительные местные опоры по преимуществу с небольшим радиусом действия. Изучается в первую очередь **изменение структур, а затем уже изменение количественных характеристик. Опоры и актуальные варианты строятся с соблюдением правил ориентирующих чисел для процедур построения структур.**

1.3.5. Известный закон роста энтропии турбулентного потока трактуем как закон максимального роста энтропии при данном коэффициенте ламинарной вязкости, данных предельных условиях, данных условиях изоэнтропического потока. Закон рассматривается как опорный статистический и прикладывается к областям пространства – времени, в которых можно пренебрегать участием (в изменении рассматриваемых составляющих энтропии) составляющих движения, когерентных в этих областях. В частности, составляющие движения, характеризующиеся изменением энтропии, должны быть колебательными, с нулевыми средними отклонениями параметров.

1.3.6. В согласии с законом роста энтропии потока динамические свойства потоков самосогласуются как относительно симметричные (сохраняющиеся) при данной опорной кинематике и симметричных преобразованиях **при наибольшем значении эффективного коэффициента вязкости среди возможных значений**. Такие потоки имеют автомодельные свойства по числу Re , и их описания также можно считать опорными. В этих потоках изменение интегральных параметров переходных (пограничных) слоев струй удовлетворяет известным элементарным соотношениям (см., например известную монографию Г.Н. Абрамовича).

1.3.7. Самосогласование структур или структур и свойств опорных вариантов потоков при симметричном задании переменных внешних воздействий определяет наличие у таких опор ещё одного (по крайней мере) симметричного свойства – наличие домена *стационарности свойств* этих опорных вариантов (соответственно их структур)

1.3.8. Максимальность эффективного коэффициента вязкости в разных условиях непосредственно определяется следующими факторами.

А) При формировании динамически связанных последовательностей вихрей, например при повторениях воспроизведения переходных слоев свободных струй, развитие больших вихрей «перехватывается» развитием вихрей малых (в которых реализуется рассеяние вихрей больших) в моменты времени, близкие к моментам наибольшего поперечного переброса частиц в вихрях.

Б) После возникновения за плохо обтекаемыми телами вихрей малого размера при большой скорости потока (в пограничном слое, в местах наиболее интенсивного тормозящего изменения давления), места полного торможения потока относительно тела сами испытывают локальное ускорение в направлении против обтекающего потока, возникший вихрь расширяется и поперечные перебросы в нём увеличиваются до размеров, определяемых размерами и формой обтекаемого тела.

В) При достаточно быстром росте и невязкой деформации поперечного «выплеска» струи (развивающегося в соответствии с соотношениями «внутреннего обтекания») (см. Записку 4(3)) и механизмом Кельвина – Гельмгольца) и при накладке на этот процесс влияния вязкости на границе «выплеска», возникающий за «выплеском» спутный вихрь имеет размеры, а также скорость и расположение, соответствующие максимальному перебросу вещества в «выплеске». Вихрь, далее, отрывается от «выплеска», и его параметры меняются, в основном, лишь в связи с его диссипацией.

Г) При значениях эффективных парциальных чисел Рейнольдса для «выплесков», превышающих минимальные, соответствующие п. В), при наличии множества вихрей, перебрасываемых в поперечных направлениях, диссипация малых вихрей и их переброс заканчиваются не ранее формирования непосредственной связи между вязкими окрестностями формирующихся вихрей. Это предопределяет влияние на общий поток именно турбулентной вязкости потока, т.е. максимальных реализуемых поперечных перебросов вещества.

1.4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. К ПОСТРОЕНИЮ ОПОРЫ ПО БАЗЕ.. МЕСТО ПОСТРОЕНИЯ ОПОРЫ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ.

1.4.1. Реальное построение опор может быть а) прямым, б) посредством развития активностей, в) ступенчатым, г) с устанавливающейся структурой построения. При *прямом построении* на основе базы сразу же непосредственно разрешаются те

<противоречия решения задач>, для работы с которыми предназначена опора. О таком построении и говорится выше. *Развитие активностей* производится на основе предварительного задания композиции расширения базы, имитационно симметричными этапами, с разрешением попутно проявляющихся противоречий. При *ступенчатом построении*, в зависимости от новизны задачи, либо разрешаем некоторые выбранные противоречия и заново разбираемся с существованием дополнительных противоречий. либо, согласно данным предварительно проведенной локации, определяем характеристики множества последовательных опор – ступеней и предварительное задание на каждую опору. При *устанавливающейся структуре* построения после построения некоторых опор-ступенек заново определяются задания не только на последующие ступени, но и противоречия анализа их множества, побуждающие изменять структуру представления множества опор.

1.4.2. Построение виртуальных множеств возможных опор по крайней мере ограничено тем обстоятельством, что, согласно антропному алгоритмическому принципу виртуальные множества должны содержать пассивности и потому такие множества не должны, взятые в целом представлять собой множества различных опор. Если такие множества представляют собой множества вакансий высокого порядка, то множества разрешений этих вакансий могут иметь в каждом элементе некоторую предельную активность, но такие элементы не воспроизводятся все последовательно (в отличие от множеств пассивных объектов, которые не могут все вычлениваться, но могут воспроизводиться с результатом, соответствующим последовательному актуально бесконечному воспроизведению) (пример: множество расположений Ахиллеса и черепахи в известной апории). Отсюда следует, что опоры последовательно могут воспроизводиться лишь как дискретные.

1.4.3. *Множества* последовательных опор расширяются а) ради сужения возможностей проявления *потенциальных некорректностей* описаний при «медленных» расширениях множеств задач, б) при «быстром» вводе новых активностей, в) при последовательных новых проявлениях активности базы и предыдущих опор (при реализации антропного алгоритмического принципа такие проявления ограничены, но возможны), г) при последовательном вводе «принципиально новых» задач.

1.4.4. Переход от опоры к конкретному решению задачи может сопровождаться а) потерей имитационной симметрии, б) потерей стационарности коэффициентов, в) переходом от однозначного к неоднозначному решению, г) переходом от повторяющегося к неповторяющемуся решению.

1.5. НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ОПОР.

1.5.1. Опора общего решения гидродинамической задачи набирается из симметрично соединяемых гидродинамических решений со свойствами локализации, имеющих свойства локальных динамических объектов.

1.5.2. Рассматриваемая опора представляет собой разновидность симметричного объекта – «повторение неповторений».

1.5.3. Особенность применяемого варианта метода – имеются методы «доводки опоры» в конкретных случаях, причём они сводятся к применению «частных опор».

1.5.4. Опоры содержат периодические системы структур типовых активных образований, рассматриваемых как образования множественные, когерентные.

Неповторимость (потенциальная) активных образований рассматривается в форме а) наличия совмещения структур с альтернативными свойствами, б) локализации реализации определённой структуры, в) совмещения реализации структур разных масштабов.

Замечание. Симметричное соединение объектов может иметь формы как скачкообразного перехода с симметричным соотношением параметров, так и квазигладкой интерполяции.

1.5.5. Локализация корректных компонентов опоры облегчает сравнительную оценку существенности влияния отдельных её параметров на общие характеристики

потока. Например выявляется роль точного задания сопоставлений во времени реализаций разных активностей. Среди таких активностей, влияющих на общие оценки турбулентной вязкости, выделяются активности, реализуемые и влияющие автономно, вовсе не влияющие (на распределённую турбулентную вязкость) и образующие «цепочки» взаимозависимых влияний.

1.5.6. В качестве локализуемых компонентов опоры рассматриваются, прежде всего, «домены связи» (монады, составные активности) и «неразделяемые фрагменты») (см. также приложение о локальных динамических объектах)

Комментарии. 1.К п. 4. Свойство определяется специфическими свойствами усиления неравномерностей как физического процесса, удовлетворяющего антропному противоречивому алгоритмическому принципу..

2. К п.п. 3, 5. Свойства определяются применяемым «преимущественно рекуррентным» методом и воспроизведением распределений с физической интерпретацией

3. К п.6. Свойство определяется как частный случай применения на высоком уровне свойств *блоков степеней свободы*

4. К п.1 Явно применяется осреднение неповторимостей и развитие гипотезы , следующее антропному алгоритмическому принципу.

5. К п.2. Дополняется содержание п.1. Применяется повторение, характерное именно для турбулентности.

1.6. О КАЧЕСТВАХ ПРИМЕНЯЕМОГО В ПРОБЛЕМЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ МЕТОДА ОПОР.

1.6.1. Метод основан на едином представлении процессов разных масштабов и конфигураций как соответствующих предпочтительно уравнениям Навье – Стокса. Это даёт перспективу уточнения, сравнения и дополнения решений.

1.6.2. Метод позволяет получать рекуррентные соотношения, включающие процессы усиления неравномерностей. Это достигается за счёт применения символьных описаний, образований, формируемых согласно методу блоков, недоопределённых описаний, периодических систем активностей и их компонентов. Таким образом усиливается возможность получать опоры, причём получать «без отрыва от теории» (т.е. в составе единой теории, которая, сама по себе, может служить опорой для своих присоединяемых компонентов).

1.6.3. Расширение опор, уже согласно первичному описанию, в большой мере сводится к воспроизведению тематически ориентированных повторений Это позволяет широко и строго применять антропный алгоритмический принцип. Его применение – дополнительное средство построения и проверки расширений.

1.6.4. Свойства, указанные в п. 3, позволяют экономно относиться к заданиям на построение опор. лучше применять построенные опоры.

1.6.5. Задание на построение метода опор для процессов данного уровня динамической активности частично выводится из заданий на построение методов, относящихся к процессам более низкого уровня и позволяет прогнозировать построение методов анализа задач более высокого уровня

1.6.6. Метод опор является в некотором смысле обратным по отношению к методу активностей. Одно из его отличий – применение систем динамико-статико-алгоритмических доменов, которые строятся непосредственно для решения конкретных задач по опорным аналогичным системам. Такой подход имеет аналоги лишь в существующей теории физических и технических систем при низких уровнях анализа. Он ведёт к дополнительному сокращению времени работы.

1.7. НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ПОДГОТОВКЕ К ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА ОПОР

1.7.1. В качестве опор можно рассматривать имитационно порядково симметричные реализации типовых структур турбулентного потока или отдельных структурных элементов. К сказанному о структурах (элементы которых ограничены слоями со свойствами пограничных слоев) в наших Записках вплоть до 4(5) добавим прежде всего разделение структурных элементов и их динамических активностей на **поверхностно иницируемые** и **объёмно иницируемые**. К **поверхностно иницируемым** активностям и развивающимся из них структурным элементам относим структурные формирования, содержащие характерные для них автономные преактивности и (или) активности, локализованные в поверхностных слоях формирований. (Под *характерными* объектами понимаем объекты, наличие которых определяет наличие всего формирования. К ним не относятся объекты, определяющие существование формирований пониженного уровня глобальности). К таким формированиям относятся «выплески» и другие формирования, развивающиеся согласно механизму Кельвина – Гельмгольца. *Расслоения* (см. ниже) – отрывы струй в коротких диффузорах - относятся к объёмно иницируемым формированиям. Активными в этих случаях оказываются формирования как целое, участки же вблизи границ проявляют свойства пассивности. Некоторые относительно сложные формирования, например *распады вихрей*, содержат последовательно и параллельно совокупающиеся компоненты, характеризуемые *различными* или *обоими* видами инициации.

1.7.2. Кратко опишем некоторый комплект процедур по выявлению опорных структурных элементов потоков и подготовке к их применению. При наличии описания вакансии (или класса вакансий) на исследование потоков зададимся алгоритмически разработанной опорой (классом опор). Пусть исследуется поток с установившимися химическими и реологическими свойствами.

Опорами для исследования турбулентных потоков могут быть, в частности, описания несжимаемых безвихревых потоков в реальных границах. (Исследование потоков с неустановившимися свойствами также проводится с несжимаемой невязкой опорой, но отличается заданием начального распределения вихрей в опоре.)

Вводим реальные предельные условия вязкого течения (например прилипание потока к стенкам). Получаем начальные условия некоторого переходного процесса, который реализует т. н. *установление* и, как правило, ведёт к формированию некоторого повторяющегося стационарного либо нестационарного (например колебательного или с хаотической компонентой) состояния. Последовательно строим начальный отрезок описания этого процесса. В этом отрезке рассматриваем области знакопостоянного изменения параметров. При этом руководствуемся списком взаимных зависимостей существования таких областей и уточняем этот список, применяя физические законы и методы индукции. Упомянутые области образуют **предварительную структуру**.

Продолжению анализа соответствует увеличению числа Рейнольдса для некоторых переходных слоев. Указанными выше способами описания структур получаем описания формирования *активных структурных элементов*.

Далее последовательно повторяем процедуру с применением указанных выше «руководящих» направлений работы. При этом на каждом этапе активные структурные элементы используются как опорные, а количественный анализ используется для построения «ограничений параметров процессов, характерных величин и уточнённых условий получения новых структурных элементов».

Для успешного построения актуального множества активных структурных элементов большое значение имеет возможность подробного, последовательного построения хотя бы некоторых подмножеств этого множества. Некоторые примеры и приёмы построения таких подмножеств приведены ниже.

1.8. К СООТНОШЕНИЮ МЕЖДУ ПРОЦЕДУРАМИ МЕТОДА ОПОР И ПРОЦЕДУРАМИ ДРУГИХ ИЗВЕСТНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ. ДЕТАЛИ ПРОЦЕДУРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОПОР.

1.8.1. Как и в существующих методах Рейнольдса, Буссинеска, Колмогорова и др. в методе опор предлагается осреднение турбулентной вязкости. При переходе между уровнями глобализации турбулентной вязкости, имеющем свойства рекуррентности, производится переход от первичного использования ранее полученной осреднённой подсеточной вязкости к описанию свойств <множественных явлений>, имитируемых как турбулентная вязкость, аналогично методам LES. Полуэмпирические коэффициенты Смагоринского и коэффициенты Лаундера для $k - \epsilon$ метода удовлетворительно совмещаются с коэффициентами струйной схемы, применяемой как компонент опор весьма высокого порядка. При работе с достаточно большими парциальными числами Рейнольдса все количественные параметры, применяемые в конкретных случаях в методе опор, оказываются в некотором смысле осреднёнными параметрами.

1.8.2. Благодаря методам сокращения вычислений удаётся просчитывать больше вариантов, больше уровней глобализации с более адаптированными сетками и большим охватом последствий, чем в применениях LES. В сочетании с антропным алгоритмическим принципом это даёт более далёкую и обоснованную экстраполяцию и индукцию.

Пользуясь методом опор, можно проводить пробные рекуррентные переходы <между уровнями глобальности осреднения> с учётом внутренних активностей. При этом удаётся проверить корректность применения осреднений в вычислениях, в которых применяются без существенных изменений идеи Рейнольдса – Колмогорова (включая $k - \epsilon$ метод). Проверяются разнообразные «модели турбулентности». Проверяются гипотезы об однородности, изотропности, автомодельности турбулентности.

Благодаря индукции учёта структуры потока, качественные характеристики его актуальных свойств могут быть существенно уточнены и доопределены.

Открыты пути для актуального уточнения количественных характеристик колеблющегося потока. Эффективность этих путей проверена на примерах, но проверку нельзя считать законченной.

Замечание. Напоминаем изложенные в других Записках методы сокращения числа применяемых вычислительных операций. Кроме осреднения параметров автономных фрагментов потока (без нивелировки – отрицания фрагментов) это – примерное вычисление параметров фрагментов с последующей индукцией результата, сокращение процесса описания потока за счёт исследования структур, использование автономных вычислений местного распределения параметров потока, модификации метода осреднения (применение, в частности, параллельных осреднений), упрощение описаний автономных фрагментов и их множеств, применение постоянных соотношений недоопределённого и нечёткого анализа, применение активностей и пассивностей, других пакетных методов, стандартных динамических активностей и их периодических систем, применение ориентирующих чисел и т.д. При этом используются методы формирования локальных динамических объектов и квантования описаний, изложенные в данной Записке.

1.8.3. Применение метода опор связано с последовательным применением определённых систем операций. Из предлагаемого списка классов таких систем исключены операции над символьными и переменными проверяемыми опорами ввиду того, что в некоторой части они специфичны, полностью определяются своими общими задачами, должны рассматриваться особо, а в некоторой части виды этих операций, наоборот, не имеют специфики и повторяют указанное ниже.

А) *Построение недоопределённых и нечётких объектов*, ассоциируемых с поставленной задачей. Построение применяемых единообразных совместимостей и соотношений. Построение порядково симметричных доопределений и объектов – следствий. Доработка первичной структуры.

Общее порядково симметричное доопределение, построение актуальных моделей и построение следствий – нестационарных процессов. Дополнение списка процессов – следствий.

Б) *Доработка актуальных моделей и настройка количественных опор.* Переход к работе с пассивными алгоритмами (первоначально в задачах о местных опорах, решаемых автономно)

В) *Согласование местных опор.*

Г) *Доводка решения* (разнообразными способами, включая известные методы решения уравнений)

Комментарий 1. На этапе Б) выявляются особенности количественных моделей. Связи между отдельными соседними уровнями глобализации, в том числе используемые как рекуррентные, строятся с «двусторонним перекрытием». Иными словами отдельно и параллельно строятся в общем виде реализации пар уровней, инициированные изменением образований более и менее глобального уровня. Но, кроме того, эти реализации строятся не как полные выражения описаний рассматриваемых уровней, но в виде связей между порядково симметричными компонентами реализации. Например, реализация пониженного уровня глобальности в прямом каскаде задаётся через реализацию некоторого отрезка специального обратного каскада (начиная от ламинарного режима) и задаётся отдельно от реализаций обратных каскадов, не спровоцированных существованием объектов более высокого уровня глобальности. Могут иметь место ситуации дополнительных согласований обеих этих реализаций. Здесь отношения пересечения автономных компонентов реализации не бывает. Кроме того предполагается, что некоторый компонент обратной связи между уровнями глобальности (задающий эту обратную связь) прорабатывается автономно, так что он может рассматриваться в качестве и локального динамического объекта и активности задания всей связи. Описаниям с наивысшим (в данный момент описания) уровнем глобальности ставятся в соответствие не только производные описания прямого каскада, но и автономные обобщённые описания дальнейшего развития обратного каскада на одну – две ступени. Совокупность описаний уровней глобализации строится с помощью итераций, индукции и применения дополнительных опор.

Таким образом, в случае применения полных алгоритмов расчёта, анализ потока по методу опор оказывается весьма сложным процессом. Однако, вследствие саморегулирования (предельными условиями и внутренними свойствами) процессов как на крайних, так и на промежуточных уровнях глобальности, некоторые громоздкие варианты алгоритмов оказываются излишними. В процессах регулирования некоторые характеристики с приемлемой точностью восстанавливаются на уровнях, близких к постоянным, и учёт отклонений от них упрощается. Другие характеристики воспроизводятся как колебательные, так что, по-видимому, воспроизводится скейлинг. Здесь упрощается осреднение параметров фрагментов потока. В числе саморегулируемых параметров – размеры фрагментов, средние длины свободного пробега, гладкость и симметрия форм, расстояние между монадами(типовое, осреднённое).

Поток жидкости или газа в трактах, в особенности в трактах сложной формы, представляет собой систему с дополнительными возможностями саморегулирования за счёт открытости системы и возобновления условий втекания среды в участок, не однородный как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Отметим, что описание процессов саморегулирования потоков производится с использованием способов описания движения <небольших чисел монад>, характерных для метода опор и представляемых в наших Записках. К числу факторов такого регулирования относятся вихревой характер процессов (со свойствами изотропии), селекция активностей, самоотбор условий выравнивания и расслоения процессов, взаимное притяжение и отталкивание вихрей. схлопывание с формированием

промежуточных деградирующих образований, реализация вихревых каскадов в движущихся формированиях, соразмерность взаимодействующих фрагментов и т.д.

Комментарий 2. Сделаем замечания о форме применяемых соотношений и содержании их компонентов. Соотношения между активностями высокого порядка, в первую очередь соотношения между структурами монад играют в нашем анализе ту же роль, что и «модели турбулентности» в известных полуэмпирических теориях. (Частные варианты этих соотношений указаны в наших Записках 4(1), 4(3), в данной Записке.) Соотношения эти можно подразделить на «ростковые» (применение каждого из которых порождается одной активностью), и соотношения взаимодействия монад. В свою очередь взаимодействие монад может вести, но может и не вести к изменению структуры их множества. В «ростковых» соотношениях базовая монада в различных случаях может порождать как отдельные монады (которые, в свою очередь, могут выступать как базы или части баз), так и «ростки монад». Пример порождения отдельных монад или их конечных пучков, в данном случае, – порождение всё новых «пучков монад» в переходных слоях потока в начальных участках *отдельных автономных струй*. Пример порождения целых «ростков» – реализация каскада распадов вихрей по Колмогорову – Ричардсону, когда появление каждого отдельного вихря с асимметрией окрестности провоцирует появление *целого ростка вихрей*. Этот росток, как правило, не может быть прерван посторонним воздействием, поскольку любое такое воздействие, вызывающее местную неравномерность толщины слоя скольжения около вихря, *если и прерывает росток, то тут же ведёт к возобновлению его развития*.

В обратных каскадах с самоинтегрирующимся влиянием турбулентной вязкости и с существенной разницей между параметрами «соседних» уровней глобализации отдельные большие монады порождаются «роями» малых монад. Добавим, что, согласно антропному противоречивому алгоритмическому принципу и аксиомам АИДИ 11 число существенных структурных компонентов соотношений между состояниями монад ограничено. Это позволяет решать проблему *замыкания соотношений*.

Изложенные данные о своеобразных связях между структурами монад побуждают мобилизовывать и использовать некоторые дополнительные способы упрощения теоретического анализа.

При реализации каскадов измельчения вихрей наиболее мелкие (начальные) компоненты каждого «ростка» – ступени (компонента ступени) каскада есть вихри, заэкранированные базовым вихрем (или просто полностью обусловленные распределением параметров в базовом вихре). Весь такой каскад в существенной мере определяется своим базовым вихрем, влияние же окрестности проявляется слабо.

При формировании и продолжении существования устойчивых автономных «ростков» из вихрей (например, переходного слоя начального участка струи) состояние слоев – размытых контуров ростка слабо зависит от процессов и неравномерностей параметров внутри ростка. Это бывает не только из-за высоких скольжений – быстрых взаимных смещений неравномерных фрагментов, но и относительно малой величины турбулентной вязкости при высоких значениях чисел Рейнольдса и малости относительных скоростей внутри вихря. Для некоторых состояний турбулентная вязкость проявляется не в формировании, но в «закреплении» условно стационарного состояния.

В рассматриваемых случаях обратное влияние окрестности на структуру формирующихся вихрей – также слабое. **Формирование внутренней структуры вихрей и их контуров можно рассматривать автономно друг от друга.**

Проблема *обобщения соотношений* решается с помощью ввода периодических систем описаний ситуаций и применения рекуррентных структурных соотношений. Последние можно применять как при описании прямых вихревых каскадов, так и при описании некоторых типичных «ростков», а именно, когда «росток» реализуется в однородных

краевых условиях. В других случаях рекуррентные описания могут применяться лишь как опорные высокого порядка. Как правило, рекуррентными оказываются не отдельные соотношения, а их параллельные системы.

В случае применения виртуальных множеств необходимо также решать проблемы *квантования выражений*

Квантование производится параллельно для разных уровней глобализации, причём для каждого уровня виды квантования составляют *пакетную систему*. Для разных уровней существенные свойства таких видов оказываются подобными, так что они составляют *периодическую систему*. Ниже описывается опорный перечень видов квантов.

А) *Монады* – объёмные участки процесса в пространстве-времени, ограниченные слоями с высоким скольжением, отличающиеся слабой взаимной зависимостью процесса вне и внутри монады.

Б) **Субмонады** – автономные части монад («языки», «выплески» и т.д.), отличающиеся тем, что **состояние части пограничной области субмонады определяется (регулируется) состоянием базовой монады, к которой принадлежит субмонада**. Состояние дополняющей части той же области есть, как и у монады, состояние максимального (условно максимального) скольжения слоев среды.

В) *Распределённые активности* – *действующие* и *латентные* – участки монад и субмонад, соответственно, с реализуемым либо возможным (по состоянию на данный момент) усилением во времени вариаций параметров, с опорной однозначной связью между изменением параметров в различных точках одной активности.

Г) **Неразделяемые объекты** – части активностей, в которых однозначные связи между параметрами реализуются не как опорные, но как действующие.

Д) **Элементарные объекты** – локальные (в активной части) передачи возмущений с характеристиками, устойчивыми по отношению к способам вычленения этих объектов. По этим характеристикам определяем направление и скорость передачи возмущения в данной ситуации. (об элементарных объектах см. приложение)

Е) **Параметрические зоны** -совокупности монад, субмонад и их окрестностей, описываемые однозначно определёнными, общими для зоны, значениями множественных (статистических, интегральных) характеристик.

Комментарий 3. Соотношения между параметрами выделяемых участков должны определяться способом индукции на основании уравнений Навье - Стокса или (и) результатов уточнения вязкости в стандартном эксперименте. Изложенные соображения позволяют предполагать, что, по крайней мере, в начальный период применения, до выявления нужных способов, актуальных возможностей облегчения анализа, его процедура может оставаться для некоторых задач весьма громоздкой. В условиях проявления законов динамики, антропного противоречивого алгоритмического принципа, нестационарности и открытости процессов корректность методов использования статистических распределений и корреляций отдельных значений параметров и их симметричных областей значений, а также применимость аттракторов, включая странные, могут ставиться под сомнение. Поэтому необходимость выявления возможностей, связанных с применением метода опор, остаётся насущной.

В настоящее время метод опор легче всего применим для описания <формирования турбулентного потока в тракте сложной конструкции> и <колебаний турбулентности>. Применение его для описания установившихся (в некотором смысле) состояний – аттракторов – должно сопровождаться дополнительными исследованиями. Такая характеристика направлений практической готовности метода соответствует направлениям практической работы автора.

1.9. НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ПРИРОДЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ.

1.9.1 В предыдущих Записках описание « многоступенчатого» перехода к турбулентности проведено, прежде всего, для стилизованного случая формирования роя

блуждающих монад. Для практических ситуаций струи, пограничного слоя указаны первые ступени перехода и намечены гипотезы о свойствах последних ступеней, но сами концевые ступени и их последствия не описаны. Опишем дополнительные подробности перехода.

1.9.2. Переход от субтурбулентного «выплеска» к турбулентному состоянию переходного слоя струи состоит из следующих компонентов: а) ветвление «выплеска», б) загиб носика «выплеска» вокруг дополнительного слоя ветвления, формирование концевое многослойного вихря, в) отрыв данного вихря от «выплеска», его рассеяние с некоторой добавкой вязкого слоя за счёт плохого обтекания нового вихря набегающим потоком, г) выброс того же вихря в сторону соседнего «выплеска», дополнительное ветвление около того же вихря, изменение ветвления около «выплеска», связанное с изменением конфигурации, включающей оторвавшийся вихрь и его след, замыкание кольцевых вихревых слоев, связанное с перебросом вихрей между «соседними «выплесками».

Всем этим компонентам соответствует, как ранее указывалось, повышение парциального числа Рейнольдса для «выплеска».

1.9.3. Реализация п.г) из записанного выше перечня зависит от структуры процессов диссипации «выброшенного вихря. Обтекание вихря набегающим потоком ведёт не только к формированию структурных элементов потока, указанных выше, но и к реализации ступеней каскада распада вихря с «обычными» струйными свойствами. Эти процессы дополнительно сокращают длину пробега оторвавшегося вихря. Такая длина, в характерной своей части, сопоставляется не с интервалом между независимыми друг от друга монадами, а с интервалом между компонентами одного «пучка выплесков». Имеют место два параллельно происходящих вида процессов: смыкание «выплесков» одного пучка и передача движения следом относительно малого вихря в слабо зависимый относительно большой вихрь. Такая передача влияет не только на осреднённые скорости потока в большом вихре, но и на спектр размеров вихрей внутри него, что, в свою очередь, влияет на эффективную реализацию сил вязкости

1.9.4. Свойства последних этапов перехода к турбулентности струи соответствуют некоторому относительно быстрому, переносу подслоев скольжения переходного слоя внутрь первоначально невозмущённого потока, т.е. имеет место, характерное для турбулентности, усиление действия сил вязкости.

1.9.5. Как указывалось ранее, повторение переходов к турбулентности есть содержание основных процессов, определяющих характеристики турбулентного потока. При этом следует учитывать эффективную турбулентную вязкость. Особенность – в том, что физическая природа и коэффициент такой вязкости для химически однородной среды оказываются разными для разных структурных элементов процесса, причём не только для разных замкнутых элементов, но и для разных переходов между этими элементами. Строго говоря, коэффициенты турбулентной вязкости должны заново определяться для каждого, автономного по какому-либо разумному признаку, сочетания взаимно скользящих слоев, содержащего вихри переброса вещества между этими слоями. Коэффициенты турбулентной вязкости должны соответствовать существованию этих вихрей – дополнительных, относительно малых структурных элементов, разрушающих данные структурные элементы или являющихся продуктами их распада. Влияние таких малых структурных элементов оказывается связанным с их относительными поступательными и вращательными скоростями, с «историей» их формирования и распада. Например, перебросу вихрей между «выплесками» соответствуют, согласно сказанному выше, значения турбулентной вязкости, отвечающие как параметрам переброса, так и автономным параметрам продуктов распада этих вихрей. Эти продукты распада, в свою очередь, есть вихри, размеры которых меньше поперечных размеров «выплеска» примерно в 15-16 раз. В формировании турбулентной вязкости в данном случае такие вихри, как и перебрасываемые, играют ту же роль, что и отдельные молекулы или

их связанные рои – в ламинарной вязкости, однако в данном случае имеем дело с разными коэффициентами вязкости, для оценки непосредственной передачи импульса между «выплесками», и для описания распада малых вихрей .

1.9.6. При определении конкретных коэффициентов турбулентной вязкости рассматриваются накладки скоростей различных элементов потока, совмещающихся в одних и тех же пространственно – временных областях.

1.9.7. Если получающаяся турбулентная «вязкость развала» перебрасывающих вихрей оказывается низкой, то это бывает, когда размеры «разваливающих» вихрей («осколков») уменьшаются (по крайней мере на части времени их существования), при этом дальность переброса увеличивается и уменьшаются абсолютные скорости «развала».

1.9.8. Обратим внимание на то, что как переброс вихрей между «выплесками, так и развал этих вихрей на фиксированных отрезках времени в развитом турбулентном потоке происходят за счёт формирования и отделения, как правило, наибольших кинематически - и динамически возможных отделяющихся вихрей или вихрей одного с указанными порядком размеров.

Вариация размеров отделяющихся вихрей при данных размерах монады или субмонады, от которой они отделяются, как правило, связана с отличиями условий отделения от критических. По сравнению с реализацией этих условий данная вариация, как правило, направлена в сторону уменьшения размеров отделяющегося вихря. Такое уменьшение практически ограничено, в силу нелинейной резкости уменьшения диффузорного эффекта обтекания первичного образования при уменьшении дуги обтекания.

1.9.9. Рассмотрим качественное влияние <разницы между принимавшейся до сих пор и разработанной выше схемами турбулентного перемешивания> на параметры слоя перемешивания.

С учётом изменений направления развития толщина слоя перемешивания должна рассчитываться как «первоначально уменьшенная». Однако при этом поверхности перемешивания не уменьшаются или уменьшаются незначительно. В результате ускоряется выравнивание параметров. Из-за этого осреднённая скорость роста толщины зоны перемешивания, практически, не изменяется. Изменяется спектр размеров турбулентных образований и частот пульсаций, изменяются динамические характеристики передачи сигналов. В прежней схеме, по-видимому, не только завышались пульсации скорости во времени, но и могла завышаться местная вихревая составляющая поля, т.е. завышалась неоднородность турбулентности при данном значении турбулентной вязкости. Завышалась неравномерность абсолютного значения скорости диссипации турбулентности. Т.е. в меньшей степени выполнялся известный принцип Ле Шателье-Брауна, согласно которому необратимый процесс, как правило, ведёт к уменьшению своего возмущения. С другой стороны искажалась формулировка принципа <максимума турбулентной вязкости>.

При расчёте турбулентной вязкости параллельными косвенными способами, основанными на учёте соображений симметрии и антропного алгоритмического принципа и дающими правильный результат, отклонение схемы расчёта перемешивания ведёт к завышению пульсационных составляющих..

Замечание об общей характеристике трассы развития процесса перехода к турбулентности – элементарного турбулентного процесса.

Процесс развивается этапами по траектории, которую нельзя сводить к квазилинейной. Ранее учитывалось изменение энтропии (расслоение), выравнивание вихрей, дополнительное вращение (ветвление), разрывы связей, расхождения. Сейчас дополнительно учитываются развитие системы слоев скольжения в одной области, соединение областей как частый регулярный процесс. При этом проявляется свойство *изменчивости* процессов.

Отметим, что на более низком уровне активности процессов выраженная нелинейность трассы развития наблюдается в *многомерных* процессах в неоднородной среде в

форме реализации *принципа скорейшего развития процесса*. (Пример – печи кристаллизации металлических заготовок).

1.10 К ПРОЕКЦИОННОМУ ВИДУ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ. СОПОСТАВЛЕНИЕ ВИДОВ КВАНТОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ОПИСАНИЙ ДЛЯ ТЕОРИЙ РАЗЛИЧНОГО ДИНАМИКО- АЛГОРИТМИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Прежде, чем продолжить относительно *более общие* и относительно *более конкретные* описания применения метода опор при исследовании турбулентных потоков, рассмотрим некоторые перспективы применения этих описаний и способы расширения общих перспектив исследования по сравнению с <вытекающими из таких описаний>.

Очевидно *общие описания* любого метода, условий и характера его применения, позволяют развивать базу применения *дедуктивных* методов развития теории (базы знаний) (связанных с переходами «от общего к частному»).

Конкретные описания условий и характера операций позволяют развивать базу применения *индуктивных* методов развития теории (базы знаний) (связанных с переходами «от частного к общему»).

Очевидно, дедуктивные методы основаны на предварительном знании <применяемых общих положений>, а индуктивные – на последовательной выработке повторяющихся положений в результате ориентировки в свойствах <наращиваемого множества примеров>. Существуют, однако, методы <построения теорий>, свойства которых отличаются от свойств дедукции и индукции. К таким методам относится, в частности, **проекционный метод или метод периодических систем**. (Именно этот метод был применён в знаменитой системе Д.И. Менделеевым). В соответствии с этим методом **обобщаемые объекты составляют перечень** и вырабатываются *уже в первом акте применения* (в отличие от индукции). С другой стороны, в отличие от дедукции, применяемые составляющие логические объекты, составляя перечень, **доопределяют друг друга при каждом применении, как подобные объектам в более ранних применениях**. При этом **каждый такой объект, при каждом применении, определяется, в некоторой мере заново**.

Базой применения таких методов могут, в частности быть частичные построения матриц или «деревьев», соответствующих воплощению данного метода. Дадим *пример построения такой базы, обосновывающей построение системы квантований <виртуальных описаний турбулентного потока>*. Периодическая система составляется по данным о системах разного уровня динамической активности, в том числе системах «традиционного» вида. Рассматриваются системы следующих видов (указаны вместе с индексами, их обозначающими)

1. Архаичные теории (древняя натурфилософия и элементарная математика).
2. Классические теории (классическая физика и техническая высшая математика).
3. Прикладные динамические теории (техническая физика и компьютерная математика).
4. Эвристические динамические теории (алгоритмические опоры описания турбулентности, антропный алгоритмический принцип)

(Здесь каждому приводимому виду систем отвечает последовательное повышение уровня динамической активности системы)

Далее указаны воплощения каждого из приведенных выше видов квантования в системах указанных уровней

Элементарные объекты. 1 – точка, 2 – материальная точка, однородный объект 3. – «подтверждённая» волна («подтверждаются» выбор характеризующих параметров, их

направление и величина), 4. – установившийся и подтверждённый смещающийся вихревой пакет согласованных активных изменений с пассивной периферией.

Неразделяемые объекты. 1 – отрезок «совершенной» кривой или объём, ограниченный «совершенными поверхностями», 2. – система объектов и их расположений с линейным наложением сил без особых <точек и областей внутри системы>, 3. – схематизируемый объект, 4. стандартная часть активности (с возможным включением субактивностей)

Активности. 1. – угол. 2. – связанное множество особых точек процесса или область перехода между устойчивыми состояниями, 3. – протяжённый конструкционный переход с нелинейными «последствиями» - влияниями на процесс,. 4 -. внутренний действующий или латентный возбудитель с однозначностью распределений, заданных частными предельными условиями.

Замыкания. 1. – геометрическое замыкание, 2. – замыкание материального объекта (изолированного объекта или автономной по связям системы),3. – замыкание связей, обусловленное ослаблением передач, 4. – существование «размытых»,колеблющихся слоев ослабления связей – слоев скольжения в турбулентном потоке, обусловленного соотношением движений

Кроме этого для процессов всех упомянутых уровней можно рассматривать **«зонирование» и фрагментирующую самоорганизацию.**

Рассматриваются разновидности реализации данной классификации. Например, для процессов 3 и 4 рассматриваются свойства *«топологической гомогенности»* и *самоустановления зон* Дополнительно, для процессов всех уровней, рассматриваются *общее замыкание прикладной системы (границы её конструкции и зоны влияния)* и *самозамыкание природного процесса.* .

1.11. ЗАМЕЧАНИЕ О НЕРАЗДЕЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТАХ

1.11.1. Неразделяемые объекты на всех уровнях процессов отличаются тем, что, с одной стороны, включают актуально бесконечные множества элементарных процессов, с другой стороны, допускают при анализе упрощения, позволяющие обойти связанные с этим трудности, причём упрощения основаны на некоторой близости свойств неразделяемых и элементарных процессов.

1.11.2. На уровне процессов в турбулентном потоке к характерным неразделяемым относим процессы в слоях скольжения, в участках, малых по сравнению с расстояниями между внутренними активностями и саморегулируемыми участками. Процессы в слоях без скольжения и особых точек относятся к неразделяемым, соответствующим процессам классического уровня.

Далее уровень процессов в турбулентном потоке подразумевается в качестве рассматриваемого.

1.11.3. На рассматриваемом уровне в неразделяемых процессах свойства совокупностей локальных динамических объектов поддерживаются в виде свойств последовательных слоев встречных конвективных потоков, в качестве субактивностей выступают расслоения и квазирасслоения, заведомо геометрически малые по сравнению с размерами слоя скольжения. Упрощение анализа достигается за счёт квазигомогенности системы субактивностей.- обычной и топологической-, за счёт общности их расположения, общности свойств совместимости с окрестностью.

1.11.4. Формальный вид характеристик неразделяемых объектов – объект классификации ситуаций. Внешние опорные характеристики данных объектов: фоновая

скорость, фоновая закрутка, фоновое скольжение. Структура задания параметров усложняется в соответствии со схемой объекта. Каждой характеристике приписывается три координаты пространственного масштаба. Все характеристики – векторные. Тензорные и пр. характеристики применяются для активностей, элементарных объектов и в усложнённых схемах описания пассивностей

Замечаем, что для классической физики неразделяемые объекты – канонический объект исследования.

Допуском «не мешающей неповторимости» метод неразделяемых объектов содержательно отличается от метода малого параметра.

1.11.5. Дадим пример возможной систематизации множества схематичных описаний.

Схематизации подвергаются описания всех подуровней: элементарные, субактивности, неразделяемые, активности, субмонады, монады. Зональные и устанавливающиеся автономные описания также схематизируются. *Некоторые из этих схематизаций непосредственно определяются «взаимодействием соответствующих образований с внешним миром» и формально соответствуют определениям классов этих образований.* К таким схематизациям относятся схематизации элементов, субмонад, монад, автономных описаний. *Упомянутое «формальное соответствие» между схематизацией и изначальным определением схематизируемого образования характерно также для «зонального описания».* Возможность схематизации описания субактивных и активных объектов определяется выполнением антропного алгоритмического принципа в его частном виде – *принципа квазипассивности, который в работах по синергетике выражается, в частности, в виде «свойства однообразия активных описаний» (независимость описания от истории формирования активности и т.д.).* По-видимому, наиболее сложными оказываются *системы схематизаций неразделяемых объектов, поскольку для них возможность схематизации зависит от недоопределённого свойства – малости отличия «неразделяемого» объекта от «элемента».* Для неразделяемого объекта применяются два направления схематизации. Согласно обоим направлениям объект представляется как усложнённый (непринципиально) элементарный, но, согласно одному подходу, объекту – компоненту процесса <уровня «с внутренними активностями»> ставятся в соответствие элементарные процессы как данного, так и пониженных уровней, начиная с классического, согласно же второму подходу на всех упомянутых уровнях элементарность достигается за счёт использования минимального возможного существенного разнообразия как возмущений, так и множественных характеристик неоднородностей <структур объектов, преобразующих эти возмущения>. Т.е., например, описаниям турбулентного потока ставятся в соответствие как классические описания элементов сплошной среды (<поступательное движение, вращательное и деформационное движения> или <вихрь, скольжение и осреднённая скорость>), так и описания в виде распределений статистических характеристик тех же параметров в пространстве, в виде схем с минимальным учётом неоднородностей этих характеристик, а также описания – более точные и упрощённые – существенных множеств субактивностей. При этом предполагается, что упрощение касается как характеристик отдельных субактивностей, так и распределения параметров <состояния и движения их множества>. В конкретных случаях из множеств таких описаний выбираются насуточно необходимые.

1.11.6. Следует напомнить, что далеко не все характеристики неразделяемых и других объектов имеет смысл заново считать. Многие характеристики повторяются.

1.12. СВОЙСТВА РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ - ПРИЗНАКИ РАЗНЫХ ВИДОВ АКТИВНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ОПИСАНИЙ (ПОРЯДКОВО СИММЕТРИЧНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ)

1.12.1. Общий признак активности – скольжение, максимальное по отношению к направлению поперёк слоя скольжения.

1.12.2. Действующая активность – в дополнение к 1.12.1.. - перепад давления в направлении поперёк слоя скольжения, максимальный по отношению к продольному направлению.

1.12.3. Регулирующий компонент – в отличие от 1. 12. 2 - такие же, максимальной резкости, перепады давления составляют пару, направлены вдоль слоя, имеют противоположный знак .. В отличие от ситуации активности, в данной ситуации достигаемые уровни давления различаются мало. Место оказывается центром закрутки. Регулируются пределы как поперечного распространения активности, так и распространения зоны активности вдоль потока. Кроме того к регулирующим компонентам относятся области слабо сжимаемого безвихревого потока, области набегающего и уходящего потока в открытых системах..

1.12.4. Латентная активность - скольжение без перепада давлений

2. К ОПИСАНИЯМ ВИДОВ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА

2.1. К ОПИСАНИЮ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА.

2.1.1. Рассмотрим подробности формирования некоторых структурных компонентов турбулентного потока. Начнём с элементарных ситуаций реализации т.н. самопроизвольных расслоений. **Расслоением** потока можно назвать ситуацию возникновения и обострения внутри потока (не на стенке или свободной поверхности) максимума **скольжения потока** (совмещения «равновеликих» значений вихря и скорости сдвига, соответствующих совместному параллельному и прямолинейному в малом движению частиц среды с поперечной неравномерностью скорости). При этом предполагается, что упомянутый максимум реализуется на непрерывной поверхности, <в каждой своей точке параллельной> направлению относительных скоростей потока в окрестности этой точки. Этот максимум определяется для изменений (скольжения) в направлении, перпендикулярном упомянутой поверхности, и существует по крайней мере на конечном промежутке времени и конечной площадке поверхности. В турбулентном потоке жидкости или однородного газа расслоение потока происходит под воздействием, в основном, сил давления среды, поскольку в этом потоке влияние сил ламинарной вязкости на свойства отдельных значительных фрагментов, как правило, пренебрежимо мало. Расслоение потока считаем **внешне инициируемым**, если вызывающие его силы давления определяются внешними факторами, включая форму и расположение стенок тракта. Если же границы инициирующей области изменения давления оказываются в потоке свободными внутри тракта, то продуцируемое такой областью расслоение потока считаем **самопроизвольным** расслоением

2.1.2. Рассмотрим простейший случай самопроизвольного расслоения – натекание равномерного прямолинейного потока на параллельную ему пластину.

Как известно, в этом случае у входной кромки пластины с обеих сторон пограничные слои не только весьма круто растут по потоку, но и выступают против потока по отношению к упомянутой кромке. У пластины поток наталкивается на вязкое сопротивление, тормозится у пластины, обтекает заторможенный слой. Вязкое воздействие распространяется в обтекающем слое. Последний в поперечном направлении подразделяется на **тормозимый** и **нетормозимый** подслои. Оба подслоя отличаются от нетормозимого потока повышенным давлением и текут к зоне минимального давления – зоне с числом Рейнольдса (для протяжённости поперечного сечения пограничного слоя) порядка 3-4. Туда же - в направлении под большим углом по отношению к пластине - подтекает заторможенный поток от пластины, потерявший инерцию из-за сопротивления пластины. Но поток этого же подслоя движется вдоль пластины. Следовательно течение в этом подслое оказывается диффузорным – трубки тока расширяются быстрее, чем это диктуется силами торможения у пластины. Эта диффузорность в рассматриваемом случае

пока не играет качественной роли из-за относительно небольшой величины числа Рейнольдса, однако проявляется количественно. Ниже описывается увеличивающаяся роль аналогичной диффузорности при смещении вниз по потоку и соответствующем увеличении числа Рейнольдса для сечения пограничного слоя. Вернёмся к зоне минимального давления. Из-за относительно большой инерции обтекающий поток не отклоняется при подходе к этой зоне, а «протискивается» через неё с относительно высокой скоростью и малым давлением. Поток пограничного слоя из-за пониженной инерции не проходит мимо зоны, а имеет локальное ускорение в её сторону, т.е. в направлении, перпендикулярном пластине. Формирующееся расслоение мы, далее, назовём «пассивным» расслоением. В соответствии с известным механизмом Кельвина – Гельмгольца на поверхности скольжения образуется выступ – «выплеск». В зоне границы «выплеска» увеличиваются силы трения. Растёт парциальное число Рейнольдса сечений пограничного слоя. При числах Рейнольдса больше 10 проявляются «ветвления» структуры потока. В зоне диффузорного потока внутри «выплеска» статическое давление в подслоях малой скорости увеличивается при сдвиге по потоку не только вследствие упора в заторможенные слои, но и вследствие падения давления у пластины и упора «медленной» струи в обтекающий поток. При указанных числах Re для сечений пограничного слоя это ведёт к дополнительному торможению подслоев, близких к пластине и расслоению пограничного слоя.

Таким образом в данном потоке, в сечениях, близких друг к другу, параллельно реализуются по крайней мере две **позиции расслоения** – **пассивное расслоение**, когда высокоскоростной поток прижимается к низкоскоростному силами давления и инерции, а низко скоростной поток «отворачивает» в сторону высокоскоростного под действием вязкого торможения и поперечного перепада давлений (так что на разные слои потока действуют разные силы, направленные каждая в сторону увеличения расслоения) и **активное расслоение**, вызываемое непосредственно первоначальной неравномерностью скорости «параллельных» потоков и последующим торможением обоих потоков при одной и той же причине торможения и общих параметрах этой причины. В последнем случае причина расслоения выглядит более асимметрично..

Последующие преобразования пограничного слоя частично описаны в наших записках [4\(1\)](#) и [4\(3\)](#). В значительной мере они оказываются повторением описанных преобразований. Но место взаимодействия потока с пластиной занимают взаимодействия слоев разной скорости, а место взаимного обтекания потоков при малых числах Рейнольдса занимают обтекания скоростными потоками участков «последовательных «выплесков» и закруток вихрей». При этом большую роль играют процессы, специфические для разрывов вихрей, описываемые в последующих пунктах, а также для свободных струй. В частности, упор струи на границе ядра потока в зону «выплеска» пограничного слоя и соответствующий подъём давления в направлении вниз по потоку совмещается с вязким воздействием на эту струю параллельной струи с пониженной скоростью относительно обтекаемого тела (пластины). В результате происходит **дополнительное расслоение** высокоскоростной струи. Кроме того, при упоре в «выплеск», высокоскоростная струя разветвляется и не только обтекает «выплеск», но и «вдавливается» в низкоскоростную, которая, в результате, обтекает высокоскоростную в обратном направлении. Формируется ещё один «выплеск», который назовём «**попутным**», в отличие от ранее рассматриваемого «**встречного**» «выплеска». Возникает ситуация диффузорности и трения для низкоскоростной струи, из-за чего высокоскоростная струя отслаивается от низкоскоростной. По аналогичной причине низкоскоростная струя отслаивается от высокоскоростной с «тыльной» стороны своего «выплеска». Последние три расслоения назовём, соответственно, **предварительным, псевдопоршневым и цепляющим**.

2.1.3. Из материалов п. 2.1.2. следует, что в потоке «с большими парциальными числами Рейнольдса для неравномерностей» воздействие на поток одного структурного

элемента (обтекаемой пластины или «выплеска» сопряжённой струи) ведёт (по крайней мере начиная с зон «ветвления») к появлению множеств <структурных элементов, взаимодействующих друг с другом>. В частности, с одним активным взаимодействием двух струй связано появление структурных элементов: попутный и встречный «выплески», тормозимое, нетормозимое и диффузорное обтекания каждого «выплеска», расслоения – предварительное, замыкающее, активное, пассивное – также для каждого «выплеска». Ещё одно, ранее не отмеченное расслоение связано с тем, что встречное движение на границе «выплесков» из одной и той же пары является для каждого из скользящих слоев везде ускоряющимся, конфузорным, а значит происходит с выравниванием скоростей в каждом отдельно взятом слое в соответствии с давлением и направлением течения, с ослаблением влияния вязкости на выравнивание скоростей в разных слоях. Такое расслоение частично комбинируется (как последовательно присоединённое) с пассивным расслоением. По физической реализации оно отличается и отделяется от пассивного расслоения тем, что те ускорения потоков, которые определяют данное расслоение, являются вторичными по отношению к конфузорным течениям и в большей мере локализованы именно в районе границы «выплесков» и ускоряющихся обтекающих течений. Ускоряющиеся потоки, перемешиваясь, частично попадают в зоны действия перепадов давления со знаками, противоположными их «титальному». Каждая такая часть потока начинает тормозиться перепадом давлений, что усугубляет намечающееся расслоение. В результате формируется некоторый третий промежуточный слой с нестационарными свойствами. Это расслоение попутного и встречного «выплесков» назовём **«встречным»** расслоением. Необходимым условием его существования является наличие «ветвлений» структур.

Напоминаем, что, начиная с расслоений активные элементы структур существуют в колебательном режиме, а переход к «ветвлениям» совмещается с возникновением продольных взаимных смещений элементов структур (волны Толлмина – Шлихтинга относятся к таким смещениям).

Обилие структурных элементов потока побуждает дополнить классификацию их множеств. Уточняем: множество структурных элементов относим к **одному и тому же уровню глобальности**, если их совместимость во времени при симметричных (относительно ассоциированных реализаций данного потока) внешних условиях обусловлена свойствами потока, имеющими более глобальный характер, нежели каждый из этих элементов, и если при этом ни для одного из сравниваемых элементов нельзя подобрать некоторый третий структурный элемент, который по отношению ко второму элементу обладал бы тем же свойством, но не обладал бы им по отношению к первому элементу.. Элемент А имеет **большой уровень глобальности**, нежели элемент Б, если при симметричных (в указанном выше смысле) внешних условиях возможность существования элемента Б определяется существованием элемента А, но не более глобальными объектами, **причём смена элементов местами в этом отношении невозможна**. Введём некоторую дополнительную классификацию. Множество структурных элементов, замкнутое в некотором отношении, т.е. не допускающее (в этом отношении) продолжения как перечень, назовём **комплексом по этому отношению**. Комплекс назовём **относительно полным** по отношению к некоторой вакансии, если при данных условиях его описание достаточно для заполнения вакансии. Если по отношению к вакансии комплекс замкнут но не полон, то называем комплекс **ориентированным на вакансию**. В этом случае описание вакансии дополняется другими комплектами. Комплекс взаимодействующих элементов – причину формирования других аналогичных комплектов - назовём **производительным комплексом**. А последовательно реализуемую совокупность производительных комплектов - следствий друг друга – **ростком комплектов**. Турбулентный поток предстаёт не только как совокупность реализаций *прямых и обратных каскадов*, но и как совокупность параллельных, разветвляющихся и сливающихся ростков <комплектов структурных элементов>, которые также могут

возникать и прерываться вместе с элементами более высокого уровня глобальности. Взаимные противоречия реализации таких ростков обуславливают наличие *хаотических составляющих* в изменении структур и параметров турбулентных потоков.

2.1.4. Топология и свойства комплектов структурных элементов потока существенно зависят от глобальных условий формирования потока. Рассмотрим примеры качественного изменения этих условий и соответствующего изменения расслоений.

А) Рассмотрим первоначально безотрывный выход затопленной струи несжимаемой жидкости в ёмкость с той же жидкостью из щелевого отверстия. Очевидно около отверстия вблизи стенки формируется *внешнее расслоение* потока, которое далее преобразуется под влиянием «внутреннего обтекания». (Внешнее расслоение – разновидность *внешней активности* – формируется под непосредственным влиянием граничных условий). Особенностью дальнейшего развития потока (по сравнению, например, с потоком в диффузоре с небольшим углом раскрытия) является то, что, с одной стороны, развивающийся заторможенный слой у стенки за отверстием существенно выдвигается внутрь потока, частично перекрывая отверстие. С другой стороны, вдали от отверстия первоначально заторможенный слой, переходящий в обратный ток, компенсируется за счёт привлечения вещества из ядра потока. В местах такой подпитки после формирования обратного тока пограничный слой формируется заново, с точками разветвления и направлениями распространения и течения как вниз, так и вверх по отношению к основному потоку. Избегая непродуктивных усложнений анализа, будем полагать, что площадь поперечного сечения тракта за отверстием имеет порядок площади отверстия, а исследованию подвергается формирование лишь некоторой части начального участка затопленной струи за отверстием. Это позволяет рассматривать качественные свойства потока лишь непосредственно в окрестности отверстия.

Применим для качественного исследования «ключевого этапа» развития потока две опоры, находящиеся друг к другу в отношениях как согласования, так и пересечения. Каждая из опор состоит из активной части, характерной части и корректируемого продолжения характерной части, независимого от реальных краевых условий. Предполагается, что качественная корректировка данного продолжения не влияет на качественные особенности потока, определяемые упомянутыми опорами. Предполагаем, что активная часть *одной из опор* включает участок потока, частично перекрывающий отверстие. Преобразование этой части состоит в изгибе и расширении «выплеска», вызванных пассивным расслоением и увеличением сил вязкости на его границе, а также смещением точек минимума давления, вызванным движением границы «выплеска». В характерной части этой опоры около тыльной поверхности «выплеска» формируется спутный вихрь и происходит активное расслоение потока (характерное для диффузорных течений). Там же формируется сила давления, повторяющая выталкивание вещества «следа выплеска» внутрь потока. Упомянутый «след» образует расширяющийся вихрь.

Активная часть *второй опоры* представляет собой зону подпитки обратного тока около стыка продольной и поперечной стенок ёмкости за отверстием. Этот стык оказывается местом повышенного сопротивления обратному току, поэтому подпитка идёт, в основном за счёт первоначально безвихревого течения из ядра потока. Со временем обратный ток сворачивается в вихрь с симметричными свойствами формы. Явления, соответствующие первой опоре, определяют активную часть этого вихря. Зона пассивного расслоения на границе этого вихря и ядра потока удлиняется по мере роста вихря, образуя первоначальную (без влияния развития переходного слоя по потоку) границу классической затопленной струи.

Б) Рассмотрим затопленную плоскую турбулентную струю в однородной несжимаемой невесомой среде, упирающуюся в плоскую стенку, перпендикулярную направлению струи. Для анализа структуры потока с повторяющимися свойствами используем параллельно два опорных варианта, реализации которых могут быть связаны друг с другом отношениями альтернативы и замены. В обоих вариантах струя, попадая на

стенку, разливается по ней, но в первом варианте в первоначальном состоянии площадь поперечного сечения струи на повороте изменяется незначительно, а радиус кривизны границы мал по сравнению с поперечным размером струи. Во втором варианте площадь поперечного сечения струи весьма существенно увеличивается при повороте, а радиусы кривизны её границ велики по сравнению с поперечным размером. В обоих опорных вариантах в первоначальном состоянии не учитывается существование классического переходного слоя скольжения (конечной толщины) на границе струи. Для простоты иллюстрации мы в данном изложении будем учитывать существование этого слоя лишь в простейшем виде, учитывая из его преобразований лишь качественные изменения - продольные расслоения.

В первом варианте давление среды в первоначальном состоянии имеет минимум на вогнутой поверхности (границе) поворотного участка струи. Такое распределение параметров провоцирует в дальнейшем не только активное расслоение переходного слоя за поворотом, но и внедрение застойной зоны в струю, формирование «батарей чередований» «языков» застойной зоны и «выплесков» струи в направлениях с составляющими, перпендикулярными основному течению. Происходит некоторая «сцепка» струи и застойной зоны, создающая дополнительное гидравлическое сопротивление течению струи. Возникает сначала дискретное множество отдельных расслоений на тыльных сторонах отдельных «языков» и «выплесков». В силу действия гидрогазодинамических соотношений (смещения точек минимального давления на поверхностях «внутреннего обтекания») «носовые части» «языков» и «выплесков» «опрокидываются» в стороны, противоположные их относительному движению. При этом, вследствие упора частей струи и застойной зоны друг в друга, наличия разницы скоростей и вязкости, возникают и замыкаются (в виде множеств одноименных вихрей) дополнительные активные расслоения. Их особенность – располагаются вблизи «фронтальных участков носовых частей» «языков» и «выплесков». Таким образом вблизи границ струи формируются дополнительные переходные вихревые системы. Одновременно при «опрокидывании» усиливается пассивное расслоение потока, а направления «выплесков» («языков») оказываются близкими к противоположным направлениям потока в «корневых частях» соответствующих образований.

Ситуация преобразуется по мере сближения и смешивания данных вихревых систем, формирующихся по обе стороны струи. Струя упирается в сплошную зону активного и инерционного гидравлического сопротивления. Перед этой зоной и в её «передней части» давление среды возрастает в направлении по потоку. Состояние струи входит в зону применения *второго опорного варианта*. В этом варианте выделим три первоначальные активные зоны: вход струи в область её расширения, выход струи из этой области с дальнейшим течением параллельно стенке – препятствию, середина области расширения струи на повороте.

Процесс на входе струи в область расширения и повороте качественно сходен с процессом в активной зоне опоры первого варианта. Основная разница состоит в том, что область минимального давления за зоной «перехвата» струи сдвигается вниз по потоку. То же самое можно сказать о выходе струи из зоны расширения. Здесь, однако, следует некоторые соображения добавить. Течение перед данной зоной носит конфузальный характер. Происходит несколько событий дополнительного расслоения потока в застойной зоне: за местом перемешивания и перед этим же местом, а также «выплеск» потока перед зоной перемешивания. Эти события ведут к интенсификации общего перемешивания струи и застойной зоны, к расширению результирующей струи за местом перемешивания. Весьма своеобразен поток в зоне максимальной площади поперечного сечения струи на повороте. В этом сечении заканчивается участок общего диффузного течения струи, начинается участок конфузального течения. Соответственно в зоне, первоначально застойной, контактируют между собой участки с противоположными направлениями развития потока: соответственно по потоку и против потока в основной

струе. Эти участки подпитываются веществом из основной струи. Граница основной струи «взрывается», поверхность расслоения разрывается, свёртываются по крайней мере два вложенных друг в друга вихря ближе к входу в рассматриваемый участок взаимодействия струи с препятствием. Накладка местных деформаций сдвига («ближней» части потока относительно удалённой) и неравномерностей вихря на диффузорность поперечного и разворачивающегося потока, накладка на всё это проявлений неустойчивости систем вихрей в слабвязком потоке ведёт к дополнительным расслоениям и восстановлению поверхности расслоения на новом месте. Ещё одна дополнительная поверхность расслоения связана с переходом от промежуточного вихревого слоя к «высокоскоростной» струе в промежутке переменной, увеличивающейся по потоку, площади поперечного сечения струи. Площадь определённого сечения высокоскоростной струи уменьшается во времени. Входим в условия реализации первого опорного варианта. Т.е. струя около препятствия колеблется, попеременно реализуя оба варианта опоры.

В данном кратком описании применены понятия, нуждающиеся в уточняющем разъяснении. Некоторые части процесса нуждаются в более детальном описании. В связи с этим приведём ещё один вариант описания той части процесса, которую выше мы назвали «своеобразной». Применяем понятия, часть из которых является *недоопределённой*. (см. Записку 3) и уточняется при конкретных применениях, а другая часть применяется как *противоречивые методы* (см. Записку 4(5)). т.е. в общем виде задаётся как однозначная опора, но применяется с поправками. К этим понятиям относятся а) **общие характеристики** потоков – интегральные характеристики потоков в целом или некоторых множеств поперечных сечений, сосчитанные с весом, отвечающим рассматриваемому множеству вакансий, б) **локальные, местные, глобальные** характеристики (примеры рассматривались ранее), в) **существенные свойства** (существенная диффузорность, конфузорность и т.д.), г) **основное и дополнительные направления** потока, д) **продольная диффузорность** (диффузорность потока, имеющего основное направление), е) **обратная и поперечная диффузорность** (диффузорность потока, имеющего, соответственно обратное и поперечное направления по отношению к основному потоку, ж) **исчезающее расслоение** (расслоение в конфузорном потоке). Для удобства дальнейшего анализа изложим списком некоторые закономерности формирования вихревых структур в потоке со струями и свободными границами. Эти закономерности непосредственно следуют из гидрогазодинамических уравнений маловязкой несжимаемой химически однородной среды.

А1) Расслоения потока не могут иметь место в безвихревом потоке (действует «закон постоянства циркуляции»), а также в вихревом потоке, не испытывающем действия перепадов давления, не имеющем продольных ускорений и замедлений потока (действует «закон возрастания энтропии»). Расслоение потоков может наступать, а если есть, то обязательно усиливается при параллельном сопряжении диффузорного потока со скользящим потоком, имеющим достаточно большую толщину около стенки или с вихревым течением, «погруженным» в застойную зону.

Б1) При упоминавшемся «выплеске» (выбросе) вещества струи из зоны максимального поперечного сечения в застойную зону, со стороны выхода струи из рассматриваемого объёма в поперечном направлении создаётся ситуация «внутреннего обтекания», в которой расслоение между струёй и застойной зоной усиливается в направлении <против основного тока по отношению к передней кромке «выплеска»>. При этом пассивное и активное расслоения реализуются последовательно, динамически «поддерживая» друг друга. «Разлив» «выплеска» (сочетание общего движения по потоку с подпиткой движения застойной зоны против потока в области замедления потока) определяет наличие «поперечной диффузорности». Из-за этого движение первоначально застойной зоны против потока сочетается с движением в сторону активной струи,

интенсифицируется обмен веществом и сужается высокоскоростная часть струи, о чём говорилось в предыдущем варианте описания.

В1) Описанный для предыдущего варианта расслоений механизм, связанный с проникновением замедленного переходного (пограничного) слоя в ядро резко расширяющейся струи, втягиванием этого слоя в струю, его «опрокидыванием» и сносом, дополнительным расслоением и повторением процессов, является универсальным механизмом быстрого возрастания размеров <зон расслоения разворачивающихся и резко расширяющихся струй, а также зон неравномерности параметров перемешивающихся струй>.

Г1) В условиях разделения несжимаемого потока на струи и вихревые (циркуляционные) зоны со свободными границами наличие местных перепадов давления, не распространяющихся на замкнутые поперечные сечения потоков, связано с наличием нестационарности расположений и форм границ струй. Время существования каждой зоны такого перепада имеет порядок времени пробега лагранжевой частицы через соответствующую зону неравномерности (зону конвективного ускорения) при стационарном расположении этой зоны.

Приведенные закономерности (в основном известные или элементарно подтверждаемые) вместе с *соотношениями соразмерности*, характеризующими рассматриваемые движения, позволяют подтвердить ранее полученный вывод о колебательности потока около препятствия.

В) Рассмотрим особенности расслоений потока, вызываемых «схлопыванием» - соединением <противоположных переходных слоев свободной струи или пограничных слоев, развивающихся от противоположных стенок тракта>. Основная особенность таких расслоений состоит в том, что реализуются последовательно сначала (до соединения слоев) расслоения в поле давлений с активностями, перемещающимися вдоль потока со скоростью, близкой к средней для зоны расслоения, затем (после соединения противоположных слоев) реализуются расслоения в условиях, когда скорость перемещения упомянутых активностей близка к средней для всей струи в середине потока. В предыдущем случае закон возрастания энтропии потока реализуется путём расширения местной переходной зоны. При этом дополнительно поток расслаивается на границе и внутри общей переходной зоны. В последнем же случае закон возрастания энтропии выполняется путём выравнивания скорости в средней части струи, толщина же местного переходного слоя при этом уменьшается. Расположение зон дополнительного расслоения зависит от дополнительных же факторов. Однако можно сказать в общем случае, что расстояние между такими зонами, расположенными по обе стороны середины потока, имеет порядок удвоенной ширины зоны ускоряющегося «схлопывания». Наличие дополнительных расслоений ведёт к относительному повышению скорости возрастания энтропии потока. К дополнительному такому повышению ведёт распад струи, следующий с некоторым интервалом за слиянием переходных зон (или их частей) и сопровождающийся увеличением общих поверхностей выравнивания параметров потока.

2.1.5. До сих пор мы рассматривали *множественные пространственные* структурные элементы потока, которые далее будем называть **зонами**. Целесообразно также рассматривать в качестве структурных элементов *пространственно-временные переходы между реализацией разных сопряжённых в пространстве-времени зон – события*. Можно различать **активные и пассивные события**, относя к *пассивным событиям* непосредственные следствия существования зон. Примеры разновидностей активных событий: разрывы и слияния структурных элементов, пространственные перебросы элементов и вход разных элементов в состояние контакта, акты расслоения, деформации и переход к таким актам от ситуации других состояний потока. К пассивным событиям относятся диффузия вихрей и возникновение пограничных слоев, переброс турбулентных молей между продольными слоями осреднённого потока, развитие прямого

каскада вихревых превращений – возникновение вихрей меньшего уровня глобальности из первоначального крупного вихря,

Очевидно **причинно – следственные связи между зонами проявляются в форме событий и дополняются их реализацией. Комплекты событий дополняют комплекты зон.** Некоторая независимость комплекта событий от комплекта зон определяется возможностью влияния на событие внешних факторов. Очевидно также, что данный переход между зонами определённых видов качественно зависит от событий, определяющих этот переход.

Замечание 1. Следует особо отметить влияние (на процессы) событий относительно «редких», но имеющих «неотвратимо повторяющиеся» свойства и устойчивые последствия. Кратковременные события с результирующими структурными элементами, которые не рассеиваются бесследно, генерируя соответствующие *ростки*, часто бывают именно такими событиями. Это побуждает, например, с осторожностью относиться к применению статистических методов, методов осреднения. К таким «относительно редким» событиям могут быть отнесены, в частности, разрывы структурных элементов, описываемые ниже.

Замечание 2. Наряду со «стандартными» видами отдельных событий следует обращать внимание на «стандартные» виды *последовательностей событий*. Порядок расположения компонентов таких последовательностей определяется свойствами их следования друг за другом во времени для объектов, преемственных друг по отношению к другу, но эти два порядка не обязательно строго совпадают во всех единичных реализациях.. *К рассматриваемым стандартным последовательностям относятся*, например, а) последовательности качественных переходов между реализуемыми структурами потока, определяющие переход между ламинарным и турбулентным потоками, б) последовательности «дроблений вихрей» в процессе Колмогорова – Ричардсона, в) последовательности форм «укрупнений вихрей», возникающих как следствие увеличения турбулентной вязкости с развитием турбулентности, г) последовательности переходов между структурами, имеющие общий результат-возникновение принципиально новых структурных элементов (пример – последовательность расслоений потока, ведущая к разрыву структурного элемента – см.ниже). *Последовательность таких событий во времени может быть* а1) **строго реализуемой** (при определённых компонентно-симметричных условиях) последовательностью во времени, б1) последовательностью реализаций **«наиболее вероятных»** форм, в1) последовательностью **форм со свойствами повторения, сохранения, восстанавливающихся форм, г1) формально определяемой упорядочением чисел и понятий**, свойствами формально лингвистической совместимости (пример: сложная система расслоений может возникнуть не раньше возникновения отдельных расслоений). Возможность и необходимость реализации таких упорядочений в разных случаях обеспечивается а2) последовательной доступностью качественных переходов в условиях действия, например, закона возрастания энтропии в потоке и соотношений между реализациями разных физических процессов в разных условиях, б2) квазипассивностью процессов, в2) консервативными последовательно усложняющимися свойствами процессов, например саморегулированием автомодельности, наряду с реализацией совмещения свойств изменчивости, проявляющихся при больших эффективных числах Рейнольдса. г2) отображением реальности в свойствах языка описаний

2.1.6. Одним из важнейших свойств турбулентного потока является слабая зависимость относительных гидравлических сопротивлений развитого турбулентного потока от скорости, т.е. от числа Рейнольдса (по крайней мере в широком диапазоне значений этого последнего числа). Согласно проработке комплекса ГРАСОДА, (см.наши [записку 1](#), [4\(1\)](#), [4\(3\)](#)), опирающейся на применение уравнений Навье – Стокса, такое свойство может быть реализовано лишь при наличии многочисленных продолжающихся

разрывов структурных элементов и перебросе «осколков» на макроскопические расстояния. Однако, несмотря на отсутствие стационарного сопротивления изменению формы у жидкости и газа, возможность разрыва структурного элемента потока в условиях его предохранения от кавитации оказывается противоречивой. Действительно, как указывалось ранее безвихревые и равномерно вращающиеся структурные элементы и части таковых самопроизвольно не только не разрываются, но и не расслаиваются. Если слои скольжения ускоряются в направлении относительного движения, то они при этом растягиваются, но не разрываются, поскольку выравнивается распределение параметров а поперечном сечении потока. Торможение потока относительно локализации поля давлений также непосредственно может вести к расслоению потока. но не к разрыву структурных элементов. Разрыв пересекающихся струй, как правило, «замыкается во времени». Пересекающиеся струи восстанавливаются либо как параллельно текущие, либо как пронизывающие друг друга. При наличии поперечного потока разрыв струи порождает местные падения давления и деформации поверхностей разрыва, ведущие к восстановлению единства струи. Наконец все структурные элементы потоков обладают свойством устойчивости и восстановления по отношению к разнообразным малым случайным возмущениям.

В этих условиях разрывы структурных компонентов турбулентного потока. отображаемого с помощью уравнений Навье – Стокса, оказываются в некотором смысле «редкими» объективными событиями, обладающими противоречивыми свойствами и находящимися в отношениях совместимости <с определёнными другими событиями> и несовместимости – с альтернативными событиями.

Рассмотрим виды разрывов структур турбулентного потока: а) *вынужденный разрыв*, б) *разрыв «выплеска»* (поверхностной волны), в) *разрыв при «схлопывании»* (буферный разрыв), г) *разрыв во встречных струях* (капельный разрыв).

А) К *вынужденным* относим разрывы изучаемых «базовых» струй под воздействием попеременно во времени пересекающихся и непересекающихся боковых струй. Рассмотрим последовательность событий при каждом пересечении. Для простоты пренебрегаем толщинами переходных пограничных слоев струй до столкновения. Столкновение струй ведёт к формированию в каждой из них отклоняющего поля неравномерного давления. При этом максимальные давления в струях одинаковы. От соотношения исходных скоростей струй, площадей их поперечных сечений зависят скорости струй после столкновения (имеют тенденцию к восстановлению со временем и оттоком от места столкновения, но в районе границы. соединяющей оттекающие струи, испытывают влияние сил взаимного трения струй). Далее изменения осложняются по-разному в зависимости от формы переходного процесса, частоты колебаний. Не принимая пока частоту во внимание, улавливаем следующие тенденции. При столкновении струй, наряду с их разворотом, реализуется всасывающее воздействие отрезаемой части базовой струи как на застойную зону, так и на взаимодействующие участки струй. При явлении «внутреннего обтекания» развёрнутого участка боковой струи формируется область пониженного давления в изогнутом участке базовой струи и начинает действовать известный механизм Кельвина – Гельмгольца, в силу которого боковая струя внедряется в базовую (отклоняющуюся). При внедрении место минимума давления перед фронтом боковой струи отклоняется вдоль этого фронта, а с ним боковая струя отклоняется в сторону отрывающегося участка базовой струи. Далее обе струи «стряхивают» переходные слои со стороны застойной зоны и испытывают со стороны этой зоны вязкое сопротивление. Течение струй после столкновения оказывается диффузорным базовая струя – после заужения, боковая струя – в силу эффекта «выталкивания» среды перед струей, с параллельными застойными зонами, причём давление поднимается, в особенности, в разгоняемой зоне между инерционными продолжениями струй после разворотов. В определённом диапазоне соотношений параметров струй обратные токи из застойных зон внедряются в результирующую струю в узком месте и разделяют её.

Образуется оторвавшаяся «затопленная капля», которая далее сама расширяется, сминается окружающей средой, делится на вихревые области, тормозится. Когда боковая струя перестаёт течь, образуется новый разрыв – между базовой и отклонённой струями.

О влиянии частоты колебаний. Разрывы, как правило, не реализуются при достаточно низкой и достаточно высокой частоте колебаний. При низкой частоте колебаний во время развития боковой струи соответствующее медленное отклонение основной струи ниже (по течению) места столкновения струй сопровождается её «сглаживанием» со стороны входа в зону пересечения. «Перерезающий» обратный ток не успевает развиваться. Аналогичное явление имеет место во время снижения скорости боковой струи, но сглаживается поверхность результирующей струи, противоположная упомянутой ранее. При высокой частоте колебаний и ограниченной амплитуде влияние боковой струи на базовую оказывается слабым.

Б) *Разрывы выплеска* имеют место в ходе развития «внутреннего обтекания» переходных слоев струй вслед за процессами деформации и «ветвления» «выплеска». При достаточно большом парциальном числе Рейнольдса для развивающегося «выплеска» вместе со спутным вихрем зона интенсивного подъёма давления за ними (в направлении по течению) сопрягается с поверхностью « выплеска, .нормаль к которой параллельна основному направлению потока. С этой же частью поверхности «выплеска» сопрягается и спутный вихрь. Как говорилось ранее, при таких числах Рейнольдса «основной» выплеск испытывает «опрокидывающее» влияние перепада давлений в направлении упомянутой нормали. При этом он первоначально «подминает» спутный вихрь. «Опрокинутый» «язык» основного «выплеска» испытывает в своём «основании» влияние перепада между давлением в месте столкновения потоков: обтекающего и вихря – с одной стороны –и осреднённым давлением в месте заужения обтекающего потока – с другой стороны. Действует известный механизм Кельвина – Гельмгольца, определяющий отделение спутного вихря. Ещё одно место действия того же механизма – в месте соединения спутного вихря с основным «выплеском» - определяет дополнительную локализацию спутного вихря по отношению к «выплеску». При этом в месте стыка прямого и обратного токов обратный ток перпендикулярен основному направлению прямого тока и слаб. Прямой ток испытывает малое сопротивление и практически не колеблется. Процессы в промежутке между основным выплеском и отделяющимся спутным вихрем слабы и не оказывают <на ход общего процесса> качественного влияния. На спутный вихрь действуют процессы расслоения в разных направлениях на ограниченных участках. Его отделение напоминает «качение» по окрестным трубкам тока.

В) *Разрывы при «схлопывании»* сходны по свойствам и причинам с разрывами выплеска. Отличия в параметрах процессов определяются, прежде всего тем, что возбуждение течения в ядре потока между переходными слоями – двустороннее и потому – более сильное и более неравномерное при данных параметрах каждого из переходных слоев. Качественное различие состоит в том, что при «схлопывании» формируются цепочки последовательных разрывов, определяемые не только восстановлением условий разрыва, но и формированием условий продолжения процесса для вновь образующихся структурных элементов. Реализуются **дополнительные каскады формирования всё более мелких вихрей**. Процесс приходит к эффективному ламинарному взаимодействию вихрей, которые аннигилируют, сливаясь друг с другом. Образуется зона повышенного продольного перепада давлений, которая вначале имеет малый поперечный размер. Этот размер далее растёт, в результате чего формируется **обратный каскад расслоений, связанных со «схлопыванием»**. Развитие такого каскада ограничивается поперечными размерами вновь формирующегося ядра потока, имеющими порядок размеров «схлопывающихся» переходных слоев. Далее на процесс накладываются колебания повторений развития (доразвития) переходных слоев и «схлопывания».

Г) Разрывы во встречных струях характеризуются наличием множеств «осколков струй» и наличием зон смешанного состава, включающих «осколки» обеих струй. Для некоторых зон одну из взаимодействующих струй можно считать единственной опорной. Для такой зоны можно применять опорное отображение в виде «осколка» упомянутой струи

3. ЗАМЕЧАНИЯ О КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ

3.1. О РАЗМЕРАХ СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА

3.1.1. Сделаем замечание относительно размеров структурного элемента. В наших Записках указана связь этих размеров с определёнными диапазонами парциальных значений числа Рейнольдса (физического или эффективного) для данного элемента. Для автономной одиночной монады со стационарной структурой верхняя граница числа Рейнольдса (по относительной поступательной скорости и поперечному размеру монады) имеет величину примерно около 10, с нестационарной, но неразрывной структурой – около 40, с разрывной, но восстанавливающейся структурой – около 150. (В случае анализа эффективного числа Рейнольдса в этой оценке присутствует вязкость пограничного слоя монады.) Для парциальных чисел Рейнольдса выше 300 характерен обмен структурными элементами между «большими» монадами, «невозвратные потери» монад. Кроме того для таких значений характерна возможность восстановления единства монады на высшем для неё уровне глобальности без полной диссипации выделяющихся и разрывающихся фрагментов (например, за счёт повышенной турбулентной вязкости монад из семейств взаимодействующих монад), так что отдельные пульсации – разрывы оказываются в некотором смысле неавтономными, что и определяет наличие «полной» турбулентности потока. В рассматриваемых условиях размеры монад связаны с величинами, входящими в выражение числа Рейнольдса – парциальной скоростью и эффективной вязкостью. Последние величины, дискретно определенные для монад, связаны обратными связями со своими же непрерывными распределениями в окрестности и внутри монад, а также со структурой потока (см.следующий пункт). В частности эффективная вязкость определяется, как известно, эффективной длиной пробега малой частицы (монады), величиной этой частицы и частотой выброса таких частиц, а также распределениями осреднённой скорости.. Все эти величины определяются характерными размерами и скоростями, *соразмерностями* (см. ниже) скоростей, времён, размеров и структурами потоков. Например опорная величина наивысшего порядка для длины свободного пробега малой монады составляет около четырёх размеров этой монады.

Добавим *соображения соразмерности*: вследствие изотропности пространства, по крайней мере при малых дозвуковых относительных скоростях в её окрестности **различные размеры одной и той же монады имеют один и тот же примерный уровень**, а вследствие однородности пространства и наличия процессов рассеяния близки друг к другу опорные размеры структурных элементов (не только монад), сопрягающихся в пространстве.

3.2. К ОБОБЩЕНИЮ ОПИСАНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБУЛЕНТНОСТИ, СООТВЕТСТВУЮЩЕМУ МЕТОДУ ОПОР.

3.2.1. Количественные характеристики турбулентности есть характеристики турбулентной вязкости. Это означает, что характеристики сводятся к условиям реализации величины структурных элементов, частоты и густоты порождения, длины интервала переброса. Все эти характеристики *могут быть пассивными по отношению к исходным данным и могут определяться элементарным применением методов блоков, образов, представлений и перечней*. «Струйные» стандартные характеристики при малых M – пример такой пассивности. (Сам начальный участок струи – пример латентной активности на некотором уровне глобализации. А его малые части – пример неразделяемых объектов.) Однако можно рассматривать *опорные описания активных*

тенденций формирования количественных характеристик. К таким описаниям относятся, в частности, применения симметричных форм некоторых потоков и применения экстремальных принципов. При этом также применяются пассивные формы. Однако, в отличие от предыдущего случая, *применимость данных форм определяется не «запретами» на применение альтернативных форм, а тенденцией частого воспроизведения, регулирования воспроизведения некоторых форм как относительно ситуационно симметричных.* Кроме того, в некоторых случаях мы можем заведомо знать о реальной возможности существования *<заметных отклонений от параметров применяемой формы анализа>*, но имеем в виду последующую коррекцию, соответствующую *«методу идеального конструкторского результата»* Г.С. Альтиулера. И, наконец, можно знать о колебаниях результата и выбирать некоторый *средний вариант или интегральную характеристику.*

3.2.2. Методы опорной теории турбулентности могут быть использованы для описания колебаний в потоках. В этом случае количественные характеристики применяются для оценки эффективных параметров *<цепочек колебаний зон потока и условий проявления неравномерностей и колебаний сил вязкости >*

3.2.3. Теория количественных характеристик турбулентности строится (как автономная часть всей теории) с учётом следующих целей и факторов.

А) Возможные количественные характеристики образуют непосредственно применяемую квазигомогенную систему разнообразных данных, допускающих определённое сравнение. Поэтому именно в виде количественных характеристик оформляется непосредственный результат исследования. К данным, указанным в п. 3.2.1., можно, в частности, добавить размеры и параметры *зон потоков.*

Б) Распределённые количественные характеристики образуют различные квазиавтомодельные системы данных, составляющие *статические описания* (см. [Записку 4\(2\)](#) данного сайта). К таким описаниям относятся некоторые из перечисленных видов неразделяемых объектов, границы замкнутых и автономных объектов, распределения параметров в активностях.

В) Именно количественные характеристики и их сочетания образуют наиболее изменчивую часть результатов. Изменчивость проявляется и в альтернативе, и в пространстве, и во времени. Нужно выяснять схемы парирования этой изменчивости. К таким схемам относятся осреднение дискретных интегральных характеристик замкнутых объектов и типизация распределений, отделение характеристик, нейтральных и ортогональных по отношению к насущным задачам и характеристик, не реализуемых как насущные («редких», компенсируемых и т.д.).

Г) При структурных изменениях количественные изменения терпят скачки или неравномерно распределяются в пространстве – времени во всей области потока. Для оценки таких изменений обычно применяемые методы теории непрерывных дифференцируемых функций оказываются недостаточными. Применение соображений пассивности непрерывных количественных характеристик по отношению к дискретным качественным оказывается плодотворным. Другими словами, по качественным характеристикам можно строить количественные. Однако это положение, само по себе, не исчерпывает вопроса, поскольку упомянутая активность дискретных характеристик имеет высокий порядок, является **активностью многозначного разрешения** и недостаточна для полной характеристики непрерывных распределений параметров потока. Эти распределения зависят от *дополнительных активностей*, определяемых физическими свойствами среды, включая, например, её однородность. В свою очередь, согласно известным положениям синергетики, дополнительные внутренние активности формирования распределений параметров слабо зависят от «истории» формирования структур потока. Т.е., в ситуации формирования структурных элементов, состояния распределений определяются состоянием структур и глобальными параметрами потока.. Это «отношение определяемости» имеет динамический, причинно-следственный характер

не следует путать со стационарной зависимостью параметров в разных точках пространства. Следует, скорее, говорить о зависимостях, соответствующих решениям типовых задач, сформулированных без учёта некоторых типов внешних возмущений при однородных внешних краевых условиях. Такие зависимости напоминают характеристики распространения нестационарных возмущений (в частности, волн или диффундирующих вихрей) в квазипассивных средах.

3.2.4. Как теория глобальных характеристик, теория количественных соотношений в турбулентности является а) теорией зон, б) теорией соотношений между реализацией разных уровней глобальности, в) теорией соотношений между согласующимися активностями, г) теорией устойчивости движения в зонах активности по отношению к случайным возмущениям, внутренним и внешним, д) теорией соотношений между параметрами последовательно реализуемых множеств активностей, е) теорией суммарного воздействия активностей

3.2.5. О факторах, определяющих количественные характеристики.

А) Принцип соразмерности. Состоит в том, что, в определённых случаях (прежде всего, в опорных ситуациях малой дозвуковой относительной скорости) монарные преобразования элементов структуры потока происходят почти без изменения определённых параметров элементов. Как алгоритмический (без однозначного, физически оправданного, выделения элементов, но с рациональным разделением диапазонов значений параметров, определяющим условное выделение элементов структуры) может применяться к безвихревым, невязким областям течения. Однако к потокам, невязким в целом, применяться не должен, поскольку в безвихревом варианте в опорном случае несжимаемой среды применим более информативный метод потенциалов, а вихревое невязкое течение, как правило, неустойчиво. В этом случае применяется в виде правила соразмерности активного структурного элемента и пассивного окрестного поля. Соразмерны моменты количества движения взаимодействующих областей. В трёхмерном вязком течении выполнению принципа в безвихревых окрестностях вихревых областей способствует тенденция выравнивания размеров активных объектов в разных направлениях.

В монадах и субмонадах со скольжением и замыканием связей принцип реализуется в процессах расслоения, в связях между преактивностями и деформациями, в протекании деформаций. При взаимодействии между разными структурными элементами потока наблюдается соразмерность между вновь формирующимися элементами и размерами участков максимального взаимодействия элементов.

В случаях структурных преобразований с изменением числа взаимодействующих элементов принцип соразмерности реализуется в виде принципа ориентирующих чисел, применяемого к элементам структур и структурам в целом.

Принцип применяется не только к размерам, но и к скоростям потока. Согласно сказанному ниже, он, в определённом смысле приложим и к коэффициенту турбулентной вязкости

Б) Принцип сочетания маловязкого старта развития элементов ростков турбулентных процессов с устойчивостью параметров ростков.

Согласно данным предыдущих наших Записок развитие новых активностей, составляющих турбулентные «ростки», может состояться лишь на базе относительного торможения и уменьшения турбулентной вязкости потока, составляющего некоторую «предыдущую активность». **Такая новая активность развивается поначалу как маловязкая, безинерционная, что определяет не только факт, но и направление её развития.** Примером является переходный слой начального участка развития струи. Однако **развитие элемента с необходимостью влечёт за собой развитие каскада распада соответствующего вихря. Развитие ступени такого каскада ведёт сначала к стабилизации, а затем к остановке развития элемента «ростка».** «В среднем» параметры элемента развиваются устойчиво, что соответствует парциальным числам

эффективного числа Рейнольдса не выше 10. Очевидно эффективное число Рейнольдса имеет значение, близкое к возможному максимуму, поскольку дальнейшее его понижение и повышение турбулентной вязкости возможно лишь при сохранении состояния развития, гидродинамической неустойчивости. Таким образом реализуется сочетание маловязкого старта развития элемента с постоянным средним эффективным числом Рейнольдса для его развития

В) Принцип слабого влияния вязкости (как физической – ламинарной, так и эффективной – турбулентной) на характеристики конвективно ускоряющихся потоков. Примером являются закручивающиеся «выплески» при деформациях <расслаивающихся потоков>, вызванных «внутренними обтеканиями. Для ситуации конвективного ускорения, развивающейся внутренней активности характерен «местный» характер возмущений, действующих на замкнутые образования (субмонады, монады, зоны).

Замечание. В данном случае вход процесса в зону условий сильного влияния вязкости совпадает с окончанием этапа проявления и развития активности.

Г) Имеются определённые случаи отклонений количественных значений параметров от диктуемых стандартными соотношениями. Нестандартными могут быть сочетания однотипных исходных данных. В ряде случаев здесь «противоречие разрешается компромиссом». Нестандартными могут оказаться отдельные значения исходных данных, не принадлежащие к предельным, переходным. Например к таковым могут принадлежать размеры плохо обтекаемых тел, с поверхности которых срываются вихревые образования. В этом случае, как правило, развитие образования либо (при относительно медленном конвективном изменении параметров) включает отрыв при предельно малом возможном парциальном числе Рейнольдса с повторением таких отрывов, либо (если отрыв является субактивностью), оторвавшийся вихрь быстро рассеивается внутри пограничного слоя, что влечёт за собой расширение пограничного слоя, либо (при относительно быстром конвективном изменении параметров) отрывающийся вихрь»покрывает весь пограничный слой, а его развитие ведёт не только к расширению пограничного слоя, но и к замедлению роста давления, провоцирующего отрыв. В этом последнем случае, после первоначального импульса развития потока первоначально покоящейся среды, имеет место повторение расслоений и отрывов при увеличивающемся размере вихря, соответствующее увеличение турбулентной вязкости и достижение вихрем размеров, соответствующих размерам обтекаемого тела. Последний случай сопрягается с видом динамического обтекания тел. когда в продолжающемся колебательном процессе возникновения, развития и схода вихрей с обтекаемой поверхности вихрь каждый раз , сформировавшись, растёт как вверх, так и вниз по потоку, захватывая всё новые слои посредством срабатывания местных перепадов давления

3.2.6. О хаотических компонентах турбулентных движений.

Решение этого вопроса частично оставляется за рамками данной работы. Тем не менее можно, в качестве опорного утверждения, использовать предположение о хаотичности множеств активных замкнутых объектов, повторяющихся со сдвигом во времени и пространстве. Подобные сдвиги могут и не приводить к изменениям в интегральных характеристиках, но могут приводить к их колебаниям, регулярным и нерегулярным.

Замечание об отклонении от рекуррентности. Природа турбулентности как явления выработки монад в результате расслоений и деформаций с ветвлениями, переброса монад между ростками и создания параллельных каналов проявления вязкости, проявляется в расчётах с учётом внутренних активностей на пяти – шести уровнях глобализации активностей. Однако **реально количество последовательных ступенек подъёма уровня глобализации в «такте» развития процесса зависит от истории формирования «такта».** Автомодельности свойств потока по числу Рейнольдса отвечает существование *систем* последовательных и параллельных тактов, которые играют роль «больших тактов». **Соотношения между началами и концами таких тактов имеют (по крайней мере в опорном варианте) циклическую, рекуррентную форму.** Из сказанного следует,

что количество уровней глобализации, задействованных в одном циклическом переходе, в условиях автомодельности свойств потока по числу Рейнольдса, составляет величину существенно больше 2. Заметим, что методы LES захватывают один – два уровня

3.3. О ПОСТРОЕНИИ ОПОРНЫХ СТРУКТУР ПОТОКОВ

3.3.1. По поводу процедур построения *опорных структур* потоков. Предлагается начинать с внимания к использованию заданий *чисел структурных элементов*. При каждом новом построении, проводимом без учёта предыдущих построений либо с малым учётом такого опыта, начинаем с использования традиционных счислений множеств структурных элементов. т.е. ориентирующих чисел 1, 2, 3, Ориентирующее число 2 используем для расширения множества используемых отдельных структурных элементов. Например по паре структурных элементов задания: уравнения сплошной среды, граничные условия – строится элемент структуры потока – пограничный слой, а краевые условия и пограничный слой симметрично дополняются делением пограничного слоя на ламинарный и турбулентный подслои и добавлением к пограничному слою безвихревого ядра потока, причём все упоминаемые переходы проводятся с помощью симметричных соотношений. По мере увеличения числа используемых структурных элементов можно переходить к применению ориентирующего числа 4. В этом случае по умолчанию переходим от построения отдельных добавочных элементов структур к построению некоторых комплектов этих элементов. Для построения таких комплектов применяются не только симметричные соотношения, но и лингвистические ассоциации. Построение ведётся параллельно на нескольких уровнях: по разным принципам ведётся принципиальный выбор (выбор активностей высокого порядка) нового комплекта и выбор соотношений между его компонентами. При этом учитывается характер описываемых процессов и зависимостей (который может быть разным для разных комплектов) и опоры совместимостей между изменениями комплектов. Учитываются условия целостности комплектов и соотношения, определяющие эти условия. Отметим ещё, что при использовании ориентирующего числа 4 рассматривается минимум два уровня перехода от элемента к комплекту, т.е. число параллельно рассматриваемых структурных элементов по умолчанию равно не 4, а 16.

Переход к использованию ориентирующего числа 6 есть, как правило, переход к большей подробности описания структурных элементов и их систем, к описанию факторов дополнительного замыкания комплектов, их автономности друг по отношению к другу. По умолчанию это число может относиться к глобальным структурам.

Построение структур замыкается «исчерпанием» вакансии на построение.

4. СИТУАЦИИ РАЗЛИЧНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ОПОР. ГЛОБАЛЬНЫЙ ВИД ОПОР

4.1. ОБЛАСТИ ОСОБОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ОПОР.

Из описаний метода опор и его приложений следует, что метод эффективен, прежде всего, для описания результатов кратковременного потока, при котором является ограниченным количество динамических активностей и их замкнутых результатов: монад, субмонад и пр. Таким образом уже при этом подходе рассматриваемая область эффективности оказывается противоположной областям эффективности хорошо известных методов сглаживания, статистических и пр. Использование метода опор связано с затруднениями в случаях реализации большого количества замкнутых и квазизамкнутых турбулентных образований. Однако и в этих случаях эффективность метода может быть повышена в ходе его тестирования и совершенствования. Для этого могут быть применены аксиомы АИДИ – 11 (см. нашу [Записку 4\(3\)](#)), пакетные (иногда противоречивые) методы замыкания, схематизации, симметричного соответствия структур (см., в частности, нашу [Записку 4\(5\)](#), специальную [Записку о пакетных методах](#)) и т.д., а также упомянутый принцип «независимости протекания режима с обострением от истории его зарождения» и пр. В соответствии с антропным противоречивым

алгоритмическим принципом на эффективное применение метода опор можно, в частности рассчитывать, а) когда имеется небольшое число мест активного внешнего воздействия на поток, который ниже течёт по тракту ограниченной длины и простой конструкции, б) когда вместо простой конструкции тракта имеем простые условия реализации «ростка» турбулентных образований, проявляющего свойства автомодельности (например, струи), в) когда внешние возбуждения и их непосредственные следствия по пространственному масштабу и (или) по приращениям параметров существенно превышают самопроизвольные турбулентные колебания в потоке, г) когда имеем цепочку процессов типа «ростков», упомянутых выше, отличающихся каждый небольшим масштабом, но с результатами, усиливающими друг друга. Замечаем, что в приведенный перечень, как правило, попадает наличие «местных» осложнений конструкции трактов газа и жидкости, но не попадает наличие весьма длинных трактов с распределённым гидравлическим сопротивлением. Эти области нами рассматриваются особо (см. об аттракторах) Дальнейшее совершенствование метода связано с построением конкретных опор и их семейств для определённых зон процессов.

4.2. ОБ АТТРАКТОРАХ.

Понятие «аттрактор» применяется в теории турбулентности как противоречивое понятие. Мы использовали его в рассказе о виде метода опор ради того, чтобы показать связь между идеями нашего метода и идеями широко известного метода «странных аттракторов». Однако метод опор может излагаться и без обращения к ссылкам на метод «странных аттракторов». Между тем применение понятия «аттрактор» в практически применяемой теории турбулентности должно встречать трудности.

В физике и технике «аттрактором» называют семейство установившихся, повторяющихся во времени траекторий изменения параметров систем. Процесс установления считается физическим динамическим процессом. Поэтому, например, в турбулентном потоке, в котором процессы всегда связаны с конвекцией среды, при движении газа или жидкости в незамкнутом тракте к аттрактору должен быть отнесён достаточно длинный прямой участок тракта, с постоянным поперечным сечением и с существенным гидравлическим сопротивлением. Но в таком тракте распределение гидравлического сопротивления не может быть идеально повторяющимся. Даже если бы повторялись конструктивные источники этого сопротивления (например бугорки шероховатости стенок тракта), этим свойством не могут обладать турбулентные физические процессы. Можно лишь предполагать, что результаты экспериментов по изучению свойств таких систем в условиях установившейся подачи среды обладают пониженным разнообразием. Поэтому экспериментальный метод изучения, сходный с ныне существующими методами, может оказаться достаточно эффективным, изучение же такой системы с помощью опор в настоящее время затруднено необходимостью изучения огромного разнообразия сочетаний объектов, применяемых как местные опоры. В большей мере понятие об аттракторах применимо для анализа процессов в циркуляционных турбулентных потоках в технических системах (в первую очередь, в системах с простыми границами потоков, в виде, например. цилиндров или других тел вращения). Одновременно в этих случаях применимы опоры в виде вихревых систем с относительно большими поперечными размерами, которые имеют свойства повышенной замкнутости по отношению к процессам в своих составляющих – вихревых системах меньшего размера – и, в то же время, присутствуют не в очень большом количестве. В этих случаях применимость метода опор повышается. Можно ожидать (полная проверка этого оказывается за рамками данной работы), что методы анализа, основанные на непосредственной оценке влияния <последовательного изменения габаритов и других геометрических параметров циркуляционных систем> на деформацию вихревых потоков и изменение их структуры (через минимальное возможное дифференциальное влияние этих факторов на структуру потоков в окрестности деформирующихся границ), более эффективны, нежели, например, методики, основанные на автономном изучении

вихревых систем, заполняющих объёмы – разности с какими – то стандартными граничными условиями для объёма исходного потока и этих разностей с последующим согласованием этих стандартных граничных условий.

4.3. ГЛОБАЛЬНЫЙ ВИД ОПОР.

4.3.1. Глобальная опора описания турбулентного потока может быть представлена в виде дерева текстов и пассивных описаний. Преимущественная структура дерева – периодическая, с учётом соображений метода ориентирующих чисел.

4.3.2. Структура по 4.3.1. должна включать описания, связанные между собой отношениями согласования (разные пространственные участки), пересечения (опоры преодоления разных противоречий) альтернативы (опоры описания разных вариантов потока), замены(смены опор во времени)

4.3.3. В идеале должны отдельно рассматриваться опоры воспроизведения, отрицания, упорядочения, отделения. Опора отрицания есть опора запрета на использование варианта как ожидаемого. Опора упорядочения – представляется опорной системой координат. Опора отделения представляется (для решения задачи) опорой выявления относительно симметричного варианта

4.3.4. Описание опоры сопровождается описанием доводящих операций.

4.3.5. символические. Переменные, недоопределённые варианты опор могут выступать в качестве временных, удаляемых вариантов, в качестве описаний опор на некоторый фиксируемый момент времени с дальнейшим использованием в качестве временной базы для разных задач, в качестве периферийного <варианта или части> множественной опоры.

5. РОЛЬ ОПОРЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ.

5.1. При наличии опоры решения задача решается элементарно, как пассивная,

5.2. При наличии опоры решения задача трансформируется в задачу из числа тех, к которым метод применим наиболее эффективно,

5.3. При наличии опоры решения задача может быть отождествлена с опорной,

5.4. При наличии опоры решения задача решается как относительно ситуационно симметричная с возможностью поиска готового решения или планирования мобилизации ресурсов,

5.5 При наличии опоры решения облегчение применения декомпозиций задач оказывается относительной имитационно – и ситуационно симметричной операцией.

5.6. При наличии опоры решения можно с помощью имитационно относительно симметричных систем операций облегчить требования к решению задачи (например, к разрешающей способности), сохраняя её структуру. Можно также облегчить требования к процессу решения задачи (например к минимизации числа операций по данному продвижению решения)

Замечание. Выше показана роль (в решении задачи) *эффективных опор*. классификация роли других видов опор подобна указанной выше, но проводится с учётом предназначения рассматриваемого вида опор. В случае недоопределённой опоры задачей считается переход к доопределённым опорам. В случае переменной проверяемой опоры задачей является эффективное продолжение совершенствования опоры. Наконец, в случае символической опоры задачей является эффективное последовательное совмещение разрешаемых противоречий.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ.

Зак.1. Система опор описания турбулентного потока оказывается весьма разветвлённой. Структура потока в моменты перехода к очередным стадиям развития турбулентности доступна для описания по крайней мере для некоторых первоначальных исходных стадий. При малом (порядка 2) количестве уровней глобализации система опор с помощью современных компьютеров можно, непосредственно по уравнениям Навье – Стокса, строить решения, совокупность которых оказывалась бы базой для построения безусловно эффективных опор.. Для решения задач при более высоких числах Рейнольдса

эти опоры можно объединять в систему, которая, сама по себе, может представлять собой опору какого – либо порядка. В диапазоне автомодельной зависимости характеристик потока от числа Рейнольдса свойства опоры также автомодельны в первом приближении, а с помощью компьютеров они могут корректироваться. При ограниченных скоростях работы компьютеров такие опоры позволяют использовать больше актуальной информации, чем локально неструктурированные опоры, которые строились бы, минуя работу с применением вариантов с малыми числами Рейнольдса.. Такие опоры могут быть построены для увеличенных чисел Рейнольдса и являются предпочтительными.

Эффективность выстраиваемых опор в практических задачах определяется реализацией принципа квазипассивности, применяемого как для построения пассивных частей процессов, так и для дополнения описаний отдельных активностей и множеств активностей. **Реализация отдельных активностей в турбулентном потоке может сдвигаться в пространстве – времени, но её факт и конфигурация оказываются более устойчивыми.** Ещё большей повторимостью отличаются интегральные характеристики потоков. Проявления хаотичности турбулентных потоков: беспорядочные сдвиги активностей в пространстве – времени, колебания величин экстремальных изменений на эти характеристики влияют слабо.

Зак.2. При анализе реализации опор и актуальных решений следует обратить внимание на то, что, в отличие от ламинарного переноса количества движения и тепла и в противоречие с «первоначально модельными» представлениями Прандтля, **перенос количества движения между скользящими подслоями переходных слоев турбулентных струй происходит в значительной мере не путём непосредственного переброса замкнутых дискретных частиц, а путём предварительного установления скорости вращения передающих вихрей и последующего торможения вращения**, непосредственно сопровождаемого рассеянием вихрей. Поскольку это торможение пропорционально скорости вращения вихря, а последняя пропорциональна скорости передачи тепла, **известная аналогия передач количества движения и тепла реализуется, но с некоторыми уточнениями коэффициентов пропорциональности и с необходимостью правильного учёта переменности этих коэффициентов.**

Зак.3. Сделаем дополнительное пояснение. В предлагаемой схеме, как и в традиционных, причиной изменения вихрей в переходных слоях струй считается встречный перенос количества движения частицами сопрягающихся скользящих слоев. Изменения вносятся в механизм передачи переносимого количества движения от перемещающихся частиц в среды – «приёмники». Вместо примитивного соударения предварительно сформированных относительно крупных частиц в процессе теплового движения рассматривается процесс, сопровождающий и продолжающий некоторое встречное когерентное (в единичном акте) «всасывание» взаимно скользящих потоков друг в друга, состоящий из формирования вихрей с когерентным поперечным движением и соответствующим вращением, «дистанционного» (акустического) взаимного влияния частей этих вихрей, передаваемого вдоль линий тока вращения, диссипации энергии этих вихрей в окружающей среде, формирования более мелких отщепляющихся вихрей. Выравнивающая передача движения между взаимно скользящими слоями происходит не только в процессах диссипации, но и при первичном формировании таких вихрей.

ВМЕСТО ПРИЛОЖЕНИЯ. О ЛОКАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ КАК ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ОПОРАХ ОПИСАНИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА.

II. а) Ранее мы под локальным динамическим объектом понимали компонент (со свойствами элементарного) глобально эффективного динамического описания, оптимально соединяемый с другими аналогичными объектами, находящимися с ним в отношениях согласования и замены. В турбулентности мы таким объектом считали малое изменение любой. заполненной текущей средой, трёхмерной области, отделённой от своей окрестности слоями максимального взаимного скольжения потоков. Для такого

отделения данный объём предполагался замкнутым (монада) или почти замкнутым (субмонада). Дадим несколько более строгий разбор этой ситуации. В последующих рассуждениях использован известный закон постоянства циркуляции в преемственных контурах сплошной невязкой среды. Согласно этому закону в идеальной(невязкой) среде потоки вихрей, находящиеся в сохраняющемся отношении согласования и замены (в преемственных объёмах с точки зрения Лагранжа) со временем не меняются. Этот «закон постоянства циркуляции» действует одновременно с законом постоянства момента количества движения в тех случаях, когда является следствием этого, более общего, закона. Использование закона постоянной циркуляции как опорного для вязкой турбулентной среды возможно из-за относительно небольших величин эффективной турбулентной вязкости.

П. б) Пусть инерция потоков относительно поля давления (т.е. удельные импульсы потоков относительно перемещающегося поля давлений) существенно различна по обе стороны слоя скольжения. В этом случае движение в слое асимметрично относительно поля давлений. Это поле слабо влияет на поток с большей инерцией.. Если соответствующие два потока параллельны и испытывают влияние одного и того же поля давлений, то, как известно, более «медленный» поток оказывается более «послушным», вследствие чего расслоение может усилиться. Это – известный эффект, но он должен быть дополнен эффектом отсутствия выравнивающей обратной связи. Такая связь, согласно законам повторимости, в той или иной мере присутствует в любом потоке . Однако (в силу упомянутой асимметрии) для совокупности взаимно скользящих слоев она «своевременно» не срабатывает ни при развитии продольных, ни при развитии поперечных возмущений. Вместо предотвращения дополнительных изменений развиваются колебательные изменения. Колеблются контуры линий тока, составы вихревых систем. «Комфорт» описания этих колебаний повышается не только тем, что воздействия на разные слои проявляются раздельно, не компенсируя друг друга частично, но и тем, что некоторые обратные связи оказываются положительными, «закрепляя направление» преобразований, а отрицательная обратная связь реализуется с существенным запаздыванием, порождая отдельные, автономные процессы.

П. в) В процессах формирования турбулентных струй участвуют незамкнутые слои скольжения, имеющие, как правило, нестационарную форму. В связи с этим локальные динамические объекты целесообразно «привязывать» не к границам замкнутых образований, но к неоднородным в поперечном направлении совокупностям скользящих слоев, для которых направления скорости распространения оказываются заданными их внутренними параметрами.

П. г) Динамические объекты промежуточного глобального уровня могут, среди других вариантов, описывать акты <восстановления структур, расширения или колебания структуры области турбулентности>, принадлежащие к специфическим процессам, определяющим наличие турбулентности.

П. д) Осложнение описания локального динамического объекта рассматриваемого уровня динамической активности – строгая локализация здесь возможна лишь для активной, вихревой части процесса. Пассивные, безвихревые и вихревые, части могут накладываться друг на друга. (Вихревое движение оказывается динамически пассивным, если оно не связано с реализацией внутренних активностей с проявлением положительных обратных связей).

П. е) Описание локального динамического объекта всегда включает раздельное описание причины и следствия, причём описание причины – часть описания начального состояния, а описание следствия – часть описания конечного состояния объекта.