

ТДИС О КАТАСТРОФАХ: ИСТОКИ, МОДЕЛИ, РЕШЕНИЯ В.П. Сизиков, В.И. Разумов (Омск)

Аннотация. Даются онтологические и аналитические обоснования происхождения катастроф. Приводятся примеры, интерпретации и сравнительный анализ моделей катастроф, а также задач и вариантов их решения при различных выборах пространств моделирования – дифференциальные уравнения, разностные вычислительные схемы, алгоритмические модели в ТДИС.

1. Введение. Вне сомнений, понятие катастрофы подразумевает переход к новому качеству. Иное дело, что не всякий переход к новому качеству может расцениваться как катастрофа, но это явно субъективное мнение и сути понятия не отвечает. Поэтому речь пойдет о подходах к выявлению, изучению и регулированию переходов к новому качеству.

Ясно, что переход к новому качеству должен соответствовать картине причинно-следственных связей в Мироздании. Однако на сегодня нет ни достаточно полной и тонкой картины причинно-следственных связей, ни даже адекватного понимания сущности и роли таких связей. Поэтому уделено внимание онтологической проработке востребованных понятий. В частности, сеть причинности в Мироздании представлена в ранге многообразия Γ генетически обусловленных структур.

Далее обсуждаются возможности моделирования переходов к новому качеству в трех пространствах: дифференциальные уравнения, разностные вычислительные схемы, алгоритмические модели в теории динамических информационных систем (ДИС, ТДИС) [1]. Проводится сравнительный анализ таких возможностей по адекватности и эффективности.

В терминах многообразия Γ приводятся примеры, ассоциирующие с основными вариантами перехода к новому качеству. Они высвечивают и варианты эффективного управления, имеющего целью существенно уменьшить разрушительные последствия катастрофы.

В заключении приведены основные выводы.

2. Онтологические основы и информационный подход к катастрофам. Неприятным и, как правило, определяющим признаком катастрофы считается ее разрушительная мощь. С этим моментом тесно связан известный принцип перехода количества в качество. Однако неопределенности с критической мерой для перехода, а также с ресурсом, который следовало бы измерять, низводят задачу до субъективного мнения. В частности, ресурс, как правило, вынужден иметь искусственную природу. Кроме того, речь здесь идет лишь о прогнозе, сама же картина развертывания катастрофы не изучается.

Для выявления естественных причин и раскрытия картин развертывания качественных переходов в процессах авторами сформирован онтологически проработанный аппарат качественного моделирования, развернутый до ТДИС [2-5]. Накапливая опыт работы с ТДИС, синтезирующий в себе философские, физические и математические аспекты проработки, авторы ежегодно приносят результаты по проблемам управления безопасностью сложных систем в трудах одноименной конференции при ИПУ РАН. Согласно опыту, сначала следует определиться с онтологией катастроф, а это требует, прежде всего, адекватного понимания роли причинно-следственных связей в Мироздании.

Вне рамок ТДИС ситуация с пониманием причинно-следственных связей аналогична состоянию в общей теории систем [6], где упоминают о сингулярности понятий, включая понятие системы. Широко распространено заблуждение, представляющее траекторию развертывания процесса как линию с линейным на ней порядком, навязываемым причинно-следственными связями. Этому способствует привычка работать с точечными объектами, игнорируя учет их формы [7], и с линейными дифференциальными уравнениями, обходя стороной нелинейности. Но такая ограниченность предполагает сведение всего к одному качеству, как если бы, например, не было различий в частотах электромагнитных волн. Не сводимые друг к другу качества, конечно, встречаются, значит, должны допускаться и разные траектории реализации линейного порядка. И опять, восприятие траектории развертывания процесса в ранге линии ведет к потребности в сингулярных точках как источниках целых вееров возможных траекторий и к проблеме выбора одной из этих траекторий. В итоге не получается ничего лучшего как уход назад от детерминизма [8], от работы причинно-следственных связей.

Суть в том, что никакая реальная система, в принципе, не может быть полностью сведена к точечному объекту, она обязательно должна проявляться через взаимодействия на внутреннем или внешнем уровне. Значит, функционирование реальной системы никогда не исчерпается ее перемещением вдоль одной линии, если не прибегать дополнительно к постулатам и ограничениям, ведущим, строго говоря, к искажению реальности и соответствующим этому погрешностям. Фактически, с реальной системой надо увязывать не одну, а целое семейство линий, понимая последнее как обобщенный вариант траектории. При таком подходе на смену точкам сингулярности придет феномен параллельного протекания процессов, как оно прописано в ТДИС [1; 7; 9-10], и тогда не потребуется уходить от детерминизма и работы причинно-следственных связей.

Итак, для адекватного понимания и учета причинно-следственных связей необходимо исходить из положений ТДИС, где ДИС предстает

как алгоритмическая модель-прототип реального процесса [1; 7; 9-10] на определенном уровне детализации и точности. При этом естественной является проблема согласования таких моделей разных уровней для любого фиксированного объекта. Но формальный язык в лице генетически обусловленных семейств операторов [1; 10-11] не позволял выявить онтологическую и физическую сторону переходов между уровнями. Ситуацию прояснило решение проблемы согласования в категориальном аппарате философии, где выявилась определяющая роль бифуркаций в ранге процедур мутаций [10; 12]. Такая роль подходила для генетически обусловленных семейств операторов, и она же нашла подтверждение в физическом аспекте [7; 9-10]. Наконец, поиск единого рационального инструмента для выражения бифуркаций и качественных переходов в процессах привел к понятию генетически обусловленной структуры [10; 13]. Теперь и вовсе можно говорить, что многообразие Γ всех таких структур выступает как сеть причинности в Мироздании.

3. Модели катастроф в различных пространствах моделирования: дифференциальные уравнения, разностные вычислительные схемы, алгоритмические модели в ТДИС. Принимая во внимание ситуацию с пониманием причинно-следственных связей, следует признать, что для моделирования катастроф вне рамок ТДИС нет достаточной базы. Работают лишь теоретико-вероятностные модели стохастических процессов, которые, по сути, игнорируют причинно-следственные связи. Детерминистские же модели могут помогать лишь прогнозом. При этом уравнения и схемы формируются вне зависимости от того, выражают они катастрофу или нет, а явление катастрофы увязывается либо с выходом решения уравнения (соответственно схемы) или какой-то специальной функции от него за рамки заранее определенных границ, либо с ситуациями расходимости или им подобными трудностями при поиске самого решения. Последние факты остаются в силе и тогда, когда поведение решения качественно меняется при переменах параметров уравнения (соответственно схемы), так как на сам момент перехода приходится рассогласование в поведении решения.

Часто причину расходимости увязывают с фактором нелинейности процесса. А при работе с методом параллельных вычислений возможен иногда эффект обхода нелинейности в уравнениях, по аналогии с указанным выше уходом от точек сингулярности. И это указывает на возможность преодоления увязываемой с нелинейностью катастрофы. Но такое удается не всегда. Ведь на формальном уровне целое семейство линий можно заменить одной линией в многомерном пространстве, и дифференциальные уравнения, как правило, ориентированы на такую замену. Но, хотя порядок во времени при такой замене не нарушен, сама

картина причинно-следственных связей оказывается существенно иной. Оттого параллельные вычисления рискуют не иметь согласования с параллельным протеканием реального процесса, и тогда никакие усилия в вычислениях не помогут обойти нелинейность. Недочет причинно-следственных связей характерен и для методов составления уравнений, где в главном усредняют характеристики моделируемого объекта, игнорируя роль конфигурации в разворачивании физических явлений [7; 10].

Пожалуй, нет ничего лучшего, как наличие прямого соответствия вычислительных процедур самим реальным процессам, т.е. феномен алгоритмической модели. И, скорее, необходима тесная взаимосвязь разворачивания параллельных вычислений и соответствующих проработок на базе ТДИС, учитывающих сеть причинности в лице многообразия Γ .

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1. Генетически обусловленная структура $G \in \Gamma$ это тройка (U, P, s) , где U – базовое множество, носитель структуры G , P – некий класс операций на U , а s – некое свойство для элементов из U , и при этом имеет место условие:

$$\begin{aligned} & ((\{u_1, \dots, u_n\} \in U) \& (p \in P) \& (u = p(u_1, \dots, u_n) \in U) \& (u \in s)) \Rightarrow \\ & \Rightarrow ((u_1 \in s) \& \dots \& (u_n \in s)), \end{aligned} \quad (1)$$

где $u \in s$ обозначает, что элемент u обладает свойством s . Если в U нет элементов со свойством s , то структура $G \in \Gamma$ называется вырожденной.

Если в определении 1 факт $u \in s$ истолковать как признак реализации, явности элемента $u \in U$, то по условию (1) в рамках класса законов P явиться может лишь то, что само базируется только на явных элементах. Иначе говоря, набор u_1, \dots, u_n в (1) служит явной причиной для $u = p(u_1, \dots, u_n)$, а структура $G \in \Gamma$ выражает некий принцип причинности. Многообразие Γ в целом, ввиду максимальной общности положений в определении 1, выступает уже как сеть причинности в Мироздании.

Далее, если в определении 1 факт $u \in s$ истолковать как признак истинности элемента $u \in U$, то $G \in \Gamma$ предстанет уже как логическая структура с классом операций P [13]. Очевидно, когда класс P состоит из одной лишь операции конъюнкции, логическая структура G автоматически оказывается генетически обусловленной. Ввиду этого момента многообразие Γ служит поставщиком примеров классов логических операций P , обобщающих операцию конъюнкции.

Обратимся еще к данному А.И. Уемовым [6] определению понятия системы: системой является любая вещь (субстрат), на которой реализуются некоторые отношения (реляционная структура), обладающие определенным, заранее фиксированным свойством (атрибутивным концептом). Так, прослеживается явное соответствие перечисленной здесь тройки характеристик системы с тройкой (U, P, s) из определения 1. Это свиде-

тальствует, что понятие генетически обусловленной структуры можно считать эквивалентом понятия системы, а многообразие всех систем отождествить с многообразием Γ .

Таким образом, в лице генетически обусловленных структур имеем рациональный инструмент по описанию и проработке сразу принципа причинности, логики синтеза и понятия системы. Многообразие Γ вправе занять место в первоосновах науки и заслуживает разностороннего специального изучения от поиска математических закономерностей до разработки специфичных методов приложения.

С учетом многообразия Γ на базе ТДИС развивается метод алгоритмических моделей систем. Его основные положения в лице ДИС-технологий укладываются в последовательность трех этапов работы моделирования: 1) выявление генетически обусловленной структуры, определяющей моделируемый объект; 2) формирование алгоритмической модели данного объекта; 3) вычислительные технологии через алгоритмические модели. Некоторый опыт по развертыванию ДИС-технологий уже есть [9-10]. Продемонстрируем здесь элементы ДИС-технологий применительно к переходным процессам.

4. Примеры. Начнем с закономерностей в самом многообразии Γ .

Пусть изначально дана структура (1): $G = (U, P, s) \in \Gamma$. Тогда и при любых $U' \subseteq U$ и $P' \subseteq P$ получится $G' = (U', P', s) \in \Gamma$, так как понятно, что G' является частью G и выполнимость условия (1) наследуется автоматически. Это отражает факт, что реальному объекту, как правило, свойственен феномен расслоения на относительно автономные подсистемы. Но иногда часть G' может оказаться вырожденной, несмотря на то, что $U' \neq \emptyset$. Так, здесь имеем феномен кванта.

Много сложнее обстоит дело с закономерностями, завязанными на свойство s (1). Очевиден лишь факт, что с переходом к более слабому (соответственно более сильному) базовому свойству s' , по сравнению с s , расширяется (соответственно сужается) набор элементов в базовом множестве U , удовлетворяющих базовому свойству. Этим обеспечивается расширение (соответственно сужение) поля действия феномена генетической обусловленности, но, одновременно, уменьшаются (соответственно увеличивается) локальная мощь и содержание такого феномена. Реальный аналог сказанного относительно перемены базового свойства в генетически обусловленной структуре прослеживается на примере сопоставления гравитационного и электромагнитного полей. Кроме того, ослабление базового свойства может снять вырождение с генетически обусловленной структуры и, в частности, "победить" квантовость.

Не меньшую пользу и интерес несут структуры $G = (U, P, s) \in \Gamma$ с возможно большими множествами U и P . При этом варианту расшире-

ния множеств U и P отвечает, по сути, вариант взаимодействия данного реального объекта с окружением.

Приведенные моменты отражают наиболее общие закономерности по переходным процессам и возможностям управления ими. Проследим серию конкретных специфик этого на паре примеров генетически обусловленных структур, зародившихся в процессе развития аппарата ТДИС.

ПРИМЕР 1. Пусть в $G = (U, P, s)$ (1) множество U представляет семейство обобщенных стохастических матриц размера $n > 0$, у которых все элементы ≥ 0 , а сумма элементов в каждом из столбцов и каждой из строк > 0 , класс P исчерпывается композициями операций сложения и произведения матриц, а также умножения на произвольное число > 0 , а условие $u \in s$ выражает факт, что у матрицы $u \in U$ максимальное число непересекающихся прямоугольных блоков в квазидиагональной форме, получаемой перестановками строк и столбцов этой матрицы, не меньше фиксированного целого m : $0 < m \leq n$. Тогда $G \in \Gamma$ [11].

ПРИМЕР 2. Пусть в $G = (U, P, s)$ (1) множество U представляет набор всех ДИС-компьютеров [9-10], класс P состоит из процедур дешифровки и свертки [1; 10] ДИС-компьютеров, а условие $u \in s$ выражает факт осмысленности категорий в ДИС-компьютере $u \in U$. Тогда $G \in \Gamma$.

В сущности, пример 2 явился основой для проработки мутационных аспектов в ДИС с выходом на синтез систем и аппарат математической философии [10; 12]. Он же дал импульс к поиску бифуркаций в физических процессах и к формированию информационной гипотезы пространства-времени, а также алгоритмических моделей физических процессов [7; 9-10]. А пример 1 привязан к теме функционального согласования ДИС-компьютеров разных уровней и помогает строить конкретные алгоритмические модели процессов. Он же позволяет проследить за феноменом расслоения реального объекта, где оказывается, что слои дрейфуют, перенося каждый как бы специфичный для него ресурс. Тем самым, алгоритмическая модель, сформированная в согласии с генетически обусловленной структурой, "производит" феномен движения объектов, не прибегая к понятию силы, но все решает фактор причинности. В подкрепление этому моменту наметим выход на структуру $G \in \Gamma$, отвечающую случаю взаимодействия двух точечных тел [9-10].

Ввиду точечности тел, им в искомой структуре $G \in \Gamma$ должны отвечать подструктуры $G_1 \in \Gamma$, $G_2 \in \Gamma$, содержащие по одному элементу, удовлетворяющему искомому свойству s : соответственно $U_1 = \{u_1\}$, $u_1 \in s$, и $U_2 = \{u_2\}$, $u_2 \in s$. А феномен взаимодействия тел должен привлекать операцию $p \in P$, использующую, как минимум, оба элемента u_1 , u_2 и дающую в итоге результат со свойством s : $u_0 = p(u_1, u_2, \dots) \in s$. Для поиска конкретных P , s необходимо возможно тоньше учесть онтологию

физического поля и движения. Для начала обратимся к примеру 1, когда матрицы являются стохастическими размера $n > 3$, $m = n - 1$ и класс операций сужается до умножения матриц. Тогда в роли искомой $G \in \Gamma$ выступит полугруппа матриц, порожденная матрицей A с элементами:

$$\begin{aligned} a_{1,n-1} &= a_{1,n} = a_{k+1,k} = 1 \quad (k = 1, \dots, n-3), \\ a_{n-1,n-2} &= M_1(M_1 + M_2)^{-1}, \quad a_{n,n-2} = M_2(M_1 + M_2)^{-1}, \end{aligned}$$

где M_1, M_2 – массы данных тел. При таком выборе для самой системы безразлично, будет ли относительная орбита движения тел эллиптической или гиперболической, или переходящей одна в другую. Указанный переход может обрести смысл катастрофы лишь с позиций внешнего наблюдателя, что не удивительно, так как причина перехода коренится в перемене запаса кинетической энергии в системе, а это возможно лишь за счет воздействий на систему извне. Правда, ключевой признак перехода может быть прослежен и на внутреннем уровне системы, но это требует продолжительных обсуждений [10]. Лучше же взять курс на обновление $G \in \Gamma$ с учетом внешних воздействий на систему, а затем формы и числа взаимодействующих тел. Эти решения пока впереди.

5. Выводы. Тема катастроф нуждается в синтетическом освоении, включая математику, физику, философию. Онтология катастроф заключается в переменах расслоений объектов Мироздания и должна дополняться детерминизмом с выявлением физики процессов, а ход таких процессов уместнее всего выразить на языке алгоритмов. В работе продемонстрирован подход к катастрофам как к результатам работы причинно-следственных связей, выраженных на языке генетически обусловленных структур. Намечена программа изучения катастроф, позволяющая реализовать информационный подход с привлечением широкого спектра операций и онтологических идей. Есть выход на согласование детерминистически ориентированной динамики с индетерминистически теоретико-вероятностными версиями неклассической физики. Необходимо изучать многообразие Γ генетически обусловленных структур, включая и математические закономерности в нем, и его прикладные аспекты.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Разумов В.И., Сизиков В.П.* Основы теории динамических информационных систем. Омск: ОмГУ, 2005. 212 с. newasp.omskreg.ru/tdis/.
2. *Сизиков В.П.* О роли условий полноты наблюдаемости и управляемости для ликвидации чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления в чрезвычайных ситуациях: Тез. докл. четвертой междунар. конф. М.: ИПУ, 1997. С. 36-37.

3. *Разумов В.И., Сизиков В.П.* Патологии и катастрофы динамических информационных систем // Новые информационные технологии в науке, образовании и бизнесе: Тез. докл. междунар. конф. и диск. науч. клуба. Украина, Крым, Ялта-Гурзуф, 1997. С. 21-26.
4. *Разумов В.И., Сизиков В.П.* Динамические информационные системы в диагностике и устранении последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: Тр. Всерос. конф. Красноярск: КГТУ, 1997. С. 168-175.
5. *Разумов В.И., Сизиков В.П.* Информационный подход к представлению гомеостаза // Гомеостаз и окружающая среда: Матер. VIII Всерос. симп. (с междунар. учас.) Красноярск: СО РАН, 1997. Т. 1. С. 36-43.
6. Системный подход в современной науке. К 100-летию Людвиг фон Бергаланфи / Отв. ред.: Лисеев И.К., Садовский В.Н. М.: Прогресс-Традиция, 2004. 560 с.
7. *Сизиков В.П., Разумов В.И.* Учет параллельных процессов: от физики к вычислениям // Вычислительные технологии, Т. 8. – Региональный вестник Востока, № 3 (19). Новосибирск-Алматы-Усть-Каменогорск, 2003. Совм. вып., Ч. 3. С. 127-133.
8. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: пер с англ. М.: "Прогресс", 1986, 432 с.
9. *Сизиков В.П., Разумов В.И.* ДИС-компьютер: теория и практика // Вычислительные технологии. Т. 9. – Вестник КазНУ. № 3 (42). Новосибирск-Алматы, 2004. Совм. вып., Ч. IV. С. 29-34.
10. *Сизиков В.П., Разумов В.И.* Труды авторов на конференциях SICPRO и PACO при ИПУ РАН: www.sicpro.org.
11. *Сизиков В.П., Сизикова Л.Г.* Пример генетически обусловленного семейства операторов // Вестник ОмГУ. Омск, 2003. № 1. С. 13-14.
12. *Разумов В.И., Сизиков В.П.* Категориальный аппарат междисциплинарного синтеза // Вестник ОмГУ. Омск, 2003. Вып. 2. С. 37-40.
13. *Razumov V.I., Sizikov V.P., Sizikova L.G.* The genetically caused logic structures // The 9th Asian logic conference: Abstracts. Novosibirsk, Russia, 2005. P. 120-121.