

**Основные выводы**

Рассмотрена задача моделирования нестационарного процесса насыщения водно-цементным раствором элемента пористого искусственного заполнителя на примере керамзитового. В среде Mathematica 7.0 реализован алгоритм численного решения соответствующей нестационарной задачи. По разработанной программе многочисленными расчетами для модельных задач и реальных процессов показана работоспособность предложенного метода.

Разработана база данных в среде MS Access, реализованы запросы на выборку по типу керамзита и его входных характеризующих параметров. Произведено заполнение информационной базы для трех видов керамзитного заполнителя, полученного из глиноземов Пензенской области и тем самым созданы основы информационно моделирующей системы нестационарного процесса насыщения крупнопористого керамзитобетона цементным раствором.

**Литература**

1. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Ткаченко А.Н. Модельные представления технологии возведения ограждающих конструкций // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура – 2008. – № 2 – С. 78-84.
2. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н. Технология и моделирование процесса возведения ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке // РААСН, АСАДЕМІА. Архитектура и строительство. – 2008. – № 2 – С. 71-76.
3. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н. Технологические задачи моделирования процесса возведения ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке // XXVIII Российская школа по проблемам науки и технологий. Наука и технологии. Межрегиональный совет по науке и технологиям – г.Екатеринбург, УрО РАН, 24-26 июня, 2008. – С. 72-75.
4. Ryazanova G.N., Kamburg V.G., Baranova T.I., Tkachenko A.N.. Technological Tasks of Erection Process Modelling of Enclosing Structures Made of High Porous Haydite Concrete in Monolithic Sheathing // The third international forum on strategic technologies- г. Новосибирск, 23-29 июня, 2008. – С. 117-118.
5. Бахвалов Н.С. Численные методы // Изд. «Наука» – М., 1973 – 632 с.
6. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Прошин А.П., Соколова Ю.А., Соломатов В.И. Структура, деформативность, прочность и критерии разрушения цементных композитов // Изд. Саратовского университета, Саратов, 2001 – 262 с.
7. Муравьев В.А., Бурлаков Д.Е. Практическое введение в пакет Mathematica // Изд. Нижегородского университета, Нижний Новгород, 2000 – 124 с.

Надійшла 18.9.2009 р.

УДК 389:638.011.54

**В.Т. КОНДРАТОВ**

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

**ПРИЗНАКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ**

*В работе рассмотрены вопросы фундаментальности физических теорий. Приведены основные правила и признаки фундаментальности, выполнение которых дает возможность объективно оценивать степень фундаментальности той или иной физической теории.*

*In paper questions of fundamental nature of physical theories are considered. Key rules and the fundamental nature signs which performance gives the chance to estimate objectively degree of fundamental nature of this or that physical theory are resulted.*

Ключевые слова: методология, системный подход.

**Введение**

Наука – одно из высших проявлений человеческих возможностей, показатель того, на что вообще способен наш интеллект. Мы люди, и человеческое в нас – неистребимая радость познания [1].

Наука специализируется на получении, хранении, переработке и распространении знаний. Она вскрывает глубокие, внутренние связи, в которых отражаются устойчивые, повторяющиеся, инвариантные отношения между явлениями. Опираясь на законы, наука получает возможность не только объяснять существующие факты и события, но и предсказывать новые. Предсказывать будущее – прикладная цель науки.

Наука – доказательная форма знания, познания. Только фундаментальные науки связаны с теорией познания. Каждая наука состоит из нескольких теорий, находящихся в определенных связях и отношениях между собой, служащих определенной совокупности целей и выступающие как одно целое по отношению к другим наукам.

Теория, с философской точки зрения, – это высшая, обоснованная логически непротиворечивая система научных знаний, дающая целостный взгляд на существенные свойства, закономерности и причинно-следственные связи, определяющие характер функционирования и развития определенной области реальности [2]. Целевое назначение научной теории – дать правильное описание и объяснение явлениям, существующим в

области применимости теории [3]. Стоящая теория обязана наметить и вехи дальнейшему развитию науки, поставить новые проблемы.

Вопросы фундаментальности той или иной теории волнуют многих ученых. Однозначных мнений нет и не может быть, поскольку каждый ученый считает, что только его подход к написанию теории является самым правильным. Тем не менее, современные философы и физики уже давно говорят о возможности выделения ряда общих существенных признаков и правил, наличие, соблюдение и выполнение которых даст основание говорить о фундаментальности той или иной физической теории.

**Объект исследований** – знания, касающиеся фундаментальности физических теорий, их анализ и обобщение.

**Предмет исследований** – основные критерии фундаментальности физических теорий.

**Цель работы** – показать существование и сформулировать существенные признаки и правила фундаментальности физических теорий.

**Результаты исследований**

**Доказательства фундаментальности физических теорий**

Доказательства фундаментальности физических теорий рассмотрим с позиций современной физики, философии и современного естествознания.

XXI-й век по праву можно назвать началом эры новой физики. Какие фундаментальные законы положены в ее основу? Начала новой физики основаны исключительно на законах классической электродинамики, принципе относительности и законах сохранения импульса и энергии. Они и не содержат никаких гипотез и предположений. Начала новой физики составляют релятивистская теория эфира Г.А.Лоренца и новые теоремы [2, 4, 5]:

- теорема о существовании силы, не имеющей реакции противодействия со стороны известных форм материи – вещества и поля («размыкающая» или условно названная «безреактивной» сила);
- теорема о существовании энергии, заполняющей всё физическое пространство, за счёт которой совершает работу размыкающая сила;
- положение о существовании отличной от вещества и поля формы материи (электровакуума<sup>1</sup> или электромагнитного эфира Лоренца), создающей реакцию противодействия размыкающим силам и дающей энергию для совершения ими работы. Без него нарушаются законы сохранения импульса и энергии.

Основные положения новой физики [5]:

1) свойства пространства определяет эфир; Пространство однородно, изотропно, трёхмерно, потому что таковым является эфир, его образующий;

2) время связано с эфиром, который, согласно Лоренцу, покоится в своей привилегированной (эфирной) системе отсчёта и неподвластно влиянию вещества и поля, не способных (из-за своей исчезающе малой, по сравнению с эфиром, плотности энергии) заметным образом изменить состояние эфира, а значит и ход времени;

3) взаимодействие осуществляется через структурную часть эфира – «электровакуум» или «электромагнитный эфир» Лоренца. Поле изменяет состояние электровакуума, который действует на вещество, удовлетворяя принципу равенства действия и противодействия или, иными словами, третьему закону Ньютона<sup>2</sup>;

4) любая вещественная система, совместно с эфиром, является замкнутой. Формально эфир можно рассматривать как своеобразный элемент, присоединение которого к любой системе вещественных и полевых элементов автоматически превращает её в замкнутую (безусловно замкнутую) систему.

### **I. Позиция физиков**

Признаки фундаментальности любой физической теории достаточно глубоко изложены в [5, 6]. Рассмотрим эти признаки.

**1.1. Понятия «физическая величина», «физическая система», «структура», «связи» и «состояние».**

Основными понятиями в фундаментальных физических теориях являются понятия (категории) физическая величина (ФВ) и физическая система (ФС), их структуры, связи и состояния.

*Определение 1* (официальное, 1999 г).

*Физическая величина* (ФВ) – это одно из свойств физического объекта (ФС, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них [7].

В [7], с ссылкой на Международный словарь основных и общих терминов метрологии (ЭНЕРГИЯ 93), приводится также определение понятию «величина (измеримая)»: измеримая величина – характерный признак (атрибут) явления, тела или вещества, который может выделяться качественно и определяться количественно. В данном определении вместо понятия «свойство» используется понятия «признак» или «атрибут» в более философском смысле, т.е. как «необходимое, существенное, неотъемлемое свойство объекта или явления в отличие от случайных, преходящих его состояний» [8].

*Определение 2* (частное, 1989 г).

*Физическая величина* – это характеристика одного из свойств физического объекта (ФС, явления

<sup>1</sup> Электровакуум – это форма материи, вступающая в энергетический обмен с веществом [2].

<sup>2</sup> И. Ньютон сформулировал все основные законы механики.

или процесса), общая в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальная для каждого объекта [9].

Данное определение отличается от классического тем, что в него введено понятие «характеристика». Автор указанного первоисточника считает, что ФВ – это не свойство, а характеристика одного из свойств физического объекта. Отношение метрологов к частному определению еще не сложилось.

#### *Физическая система*

##### *Определение 1*

*Система* – это совокупность взаимосвязанных и взаимовлияющих элементов, расположенных в определенной закономерности в пространстве и времени и действующих совместно для достижения общей цели [10].

ФС могут быть открытыми (с переносом вещества и энергии) и закрытыми (с переносом только энергии). Они отличаются по формам движения, по виду энергии (потенциальной, кинетической и диссипации) и по природе воздействующих факторов окружающей среды. ФС включает в себя конструктивные и функциональные элементы, из которых входные (обычно чувствительные) элементы воспринимают действия внешних сил, а выходные выдают реакцию системы на воздействия. ФС обладают статическими и динамическими свойствами, управляемостью и определенностью выполняемых функций.

Различают ФС с распределенными и с сосредоточенными параметрами. Первые описываются обычно уравнениями с частными производными или интегральными уравнениями, а вторые, – тремя основными уравнениями движения систем: через функцию Лагранжа, содержащую обобщенные координаты и скорости; функцию Гамильтона, содержащую обобщенные импульсы и координаты, и функцию действия Гамильтона – Якоби, выраженную через обобщенные координаты и производные [11]. Физические (измерительные) системы типа «объект измерений – средство избыточных измерений» («ОИ – СИИ») описываются, главным образом, системами нелинейных уравнений величин.

*Функционирование (поведение<sup>3</sup>)* ФС задается ее структурой. Относительно замкнутая ФС с заданной структурой функционирует однозначно; функционирование полностью определяется структурой. Функционирование не определяет структуру однозначно. Одна и та же функция может быть реализована различными структурами [12].

#### *Структура*

##### *Определение 1*

*Структура* ФС (от лат. structura — строение, расположение, порядок) – это внутренняя организация или взаиморасположение и взаимодействие конечной совокупности структурных элементов и связей разной физической природы, в том числе связей между входом и выходом системы, а также с окружающей средой.

##### *Определение 2*

*Структура* – это совокупность взаимного расположения и устойчивых связей составных частей ФС, благодаря которым обеспечиваются ее целостность и тождественность самой себе [13].

При воздействии внешних и внутренних дестабилизирующих факторов сохраняются основные свойства ФС.

Структура предполагает [13]:

- 1) наличие устойчивых связей между любыми элементами структуры, устойчивые взаимозависимости и корреляции;
- 2) регулярность, устойчивость, повторяемость взаимодействий между элементами, элементами и средой;
- 3) наличие уровней значимости элементов, входящих в структуру;
- 4) регулирующий, иницирующий, динамичный контроль за функционированием элементов.

В формализованном виде структура представляется в виде системы элементов семиотики, структурных (структурных и/или функциональных схем) и математических моделей (систем нелинейных уравнений величин, систем уравнений состояния, уравнением состояния или уравнением движения и др.).

*Поведение* ФС характеризуется законом движения или состояния и начальными условиями, обычно заданными исходя из поставленной задачи исследований.

#### *Закон однозначности динамики*

##### *Определение*

Динамика системы ... однозначно определяется её структурой и начальным состоянием [14].

#### *Связи в физических системах*

Как отмечалось выше, структура ФС предполагает наличие (устойчивых, взаимозависимых и корреляционных) связей между конечной совокупностью элементов структуры. Эти связи характеризуют и определяют тонкую структуру, индивидуальность ФС. Они имеют многоуровневый характер. Существуют связи не только между элементами системы, но и между ФС, как единым целым, и составляющими ее элементами и внешней средой. Если система включает в себя подсистемы, то количество связей, естественно, увеличивается. Связи между любыми элементами ФС аналитически описываются уравнениями связи между величинами (уравнениями величин). Аналитически могут быть описаны и наложенные извне связи, обусловленные действием внешних дестабилизирующих факторов окружающей среды на ФС и ее отдельные элементы.

<sup>3</sup> Примечание автора.

Достаточно полная информация о связях в ФС и об их классификации приведена в работах [15-17].

### **1.2. Состояние физической системы и его оценка**

В классической механике Ньютона координаты и импульсы (или скорости) являются основными физическими величинами, определяющими состояние ФС и его эволюцию.

Во всех фундаментальных статистических теориях состояние представляет собой вероятностную характеристику ФС и математически описывается в виде уравнения состояния. В фундаментальных динамических теориях состояние описывается уравнением движения. Согласно [6], динамические теории существенно отличаются от статистических теорий только в одном отношении — в способе определения состояния.

#### *Утверждение 1*

Состояние ФС определяется не значениями параметров уравнения состояния, а статистическими распределениями их значений.

Они могут задаваться, например, в виде расширенной неопределенности.

#### *Утверждение 2*

По известным состояниям ФС однозначно определяются не сами ФВ, а вероятности того, что значения этих величин лежат внутри тех или иных интервалов. Однозначно определяются также средние значения ФВ.

#### *Утверждение 3*

Закономерные, т.е. необходимые, связи в природе не могут быть выражены иначе, чем через посредство однозначных связей состояний [18].

### **1.3. Структура фундаментальных физических теорий**

#### *Утверждение 1*

Структура фундаментальных физических теорий имеет определенную внутреннюю организацию структурированных знаний<sup>4</sup>, информации и данных об объектах исследований и их состояниях, объединенных закономерными связями и отношениями, и включает в себя следующие общие элементы:

- информация о наблюдаемых (или измеряемых<sup>5</sup>) ФВ, с помощью которых описываются объекты данной теории, их свойства и характеристики;
- информация о характеристиках состояний исследуемой ФС;
- информация об уравнениях движения, описывающих эволюцию состояний систем.

Согласно [6], все фундаментальные физические теории имеют такую же структуру.

### **1.4. Наличие общности в структуре фундаментальных теорий**

Фундаментальные физические теории охватывают огромные области явлений. Главным и определяющим отличительным признаком этих теорий является «наличие общности» в их структуре, проявляющееся в понятии «состояние физической системы»<sup>6\*\*\*</sup>.

#### *Утверждение 1*

Общность фундаментальных теорий проявляется прежде всего в том, что все теории используют в качестве основного понятия – понятие «состояние физической системы».

#### *Определение*

Состояние ФС – это состояние системы в пространстве (т.е. в эфире) и инерциальном времени, характеризующееся рассеянием значений параметров ее математической модели, т.е. уравнения состояния.

#### *Утверждение 2*

Начальное состояние ФС однозначно определяет конечное состояние в зависимости от взаимодействий внутри системы, а также в зависимости от внешних воздействий на систему, а также в зависимости от общих воздействий на систему [6].

#### *Утверждение 3*

Если состояние ФС фиксировано, то в любой фундаментальной теории можно определить все физические величины, представляющие интерес в данной теории.

#### *Утверждение 4*

Начальные условия не подчинены определенным закономерностям и могут быть произвольными в той мере, какую позволяют наложенные на систему извне связи; значения начальных условий зависят от предшествующей эволюции системы [6].

Значения начальных условий определяются экспериментально или же задаются с учетом поставленной технической задачи.

#### *Утверждение 5*

В статистических теориях состояние ФС вообще нельзя характеризовать точными значениями каких-либо параметров, так как оно представляет собой вероятностную характеристику системы.

#### *Утверждение 6*

В динамических теориях состояние ФС характеризуется функциями координат и времени, которые позволяют по начальным значениям проследить эволюцию системы во времени и в пространстве.

<sup>4</sup> Доказательных форм знаний.

<sup>5</sup> Примечания автора.

<sup>6</sup> Впервые понятие «состояние физической системы» ввел И. Ньютон. Оно стало одним из основных для всех физических теорий.

Следовательно, понятие «состояние ФС» является важнейшим отличительным признаком фундаментальности физических теорий. Именно в фундаментальных теориях наличие общности приобретает строгую определенность и именно фундаментальные теории выявляют общность значения этого понятия [6].

### 1.5. Симметрия и инварианты в физических теориях

Под симметрией чаще всего понимают упорядоченность, гармонию, соразмерность и красоту в природе. Симметрия фундаментальна, поскольку охватывает все формы движения и организации материи. Симметрия устанавливает родство между предметами, явлениями и теориями. И, наконец, симметрия – это категория, обозначающая сохранение признаков объектов относительно изменений.

В широком плане симметрия – свойство неизменности (инвариантности) некоторых сторон, процессов и отношений объектов относительно некоторых преобразований [19]. Обычно выделяют четыре аспекта, при которых имеет место симметрия [20]:

1) объект – носитель симметрии; в роли симметричных объектов могут выступать процессы, геометрические фигуры, математические выражения и т.д.

2) наличие таких признаков объекта (величины, свойства, отношения, процессы и явления), которые при преобразованиях симметрии остаются неизменными; их называют инвариантными или инвариантами;

3) изменения (объекта), при которых объект остается тождественным самому себе по инвариантным признакам; такие изменения называются преобразованиями симметрии;

4) свойство объекта превращаться по выделенным признакам в самого себя после соответствующих его изменений.

В настоящее время известны три фундаментальные симметрии: 1) структурная, 2) геометрическая (пространственная, пространственно-временная, вращательная, зеркальная, трансляционная) и 3) динамическая (перестановочная, калибровочная, унитарная и др.).

Важнейшей характеристикой симметрии является множество различных преобразований, воспроизводящих данный объект по какому-либо признаку. Само множество подобных преобразований и есть собственно группа симметрии.

#### 1.5.1. Симметрия и инвариантность

Свойство симметрии тесно связано с понятием инвариантности. Согласно Г.Вейлю [20], объект является симметричным, если после применения к нему определенной операции он остается таким же, как до операции. Такой объект считается инвариантным относительно данной операции, а сама операция называется операцией симметрии объекта. По сути симметрия характеризует совокупность инвариантных свойств объекта. При выявлении инвариантов всегда необходимо указывать, по отношению к какому изменению (преобразованию, операции, движению и т.д.) они являются таковыми.

#### Утверждение 1 [21]

Принципы инвариантности относятся к законам природы так же, как законы природы относятся к физическим явлениям, т.е. симметрия "управляет" законами, а законы "управляют" явлениями.

#### Утверждение 2

Инварианты и симметрия в физической теории выступают как инвариантные проявления сущности ФС. Опираясь на них, теория определяет и изучает сущность явлений.

#### 1.5.2. Симметрия и законы сохранения

Существует глубокая связь между симметрией и законами сохранения. При этом симметрия понимается как инвариантность физических законов относительно некоторых преобразований входящих в них величин. Наличие симметрии приводит к тому, что для данной системы существует сохраняющаяся физическая величина [22].

#### Утверждение 3 [23]

Если свойства системы не меняются относительно какого-либо преобразования переменных, то этому соответствует некоторый закон сохранения (теорема Э.Нетер).

На сегодняшний день в физике сформулировано четыре фундаментальных закона сохранения: закон сохранения импульса как следствие однородности пространства; закон сохранения момента импульса как следствие изотропности пространства; закон сохранения энергии как следствие однородности времени; закон сохранения скорости центра масс (следствие изотропности пространства-времени). Сформулированы законы сохранения и для ряда других физических величин.

Следовательно, если известны свойства симметрии ФС, то можно найти для неё законы сохранения, и наоборот. Это является важным признаком фундаментальности физических теорий.

### 1.6. Признаки фундаментальности теорий с физической точки зрения

#### Утверждение 1

С физической точки зрения теория является фундаментальной, если ей присущи те же общие признаки, которые присущи и фундаментальным физическим теориям: общность структуры и составляющих ее структурных элементов, использование понятий «состояние», «связи», «неопределенность измерений», а также оценка состояния ФС посредством вероятностных характеристик.

#### Утверждение 2

Признаком фундаментальности теорий является установление законов симметрии, обеспечивающих нахождение инвариантов и соответствующих групп преобразований, законов сохранения и других физических законов.

## II. Позиция философов

Философия является общенаучной теорией. Она уже давно разработала основные законы развития природы, общества и мышления; раскрыла сущность понятий «категории», «классы», «принципы», «методы», «методологии» и т.д. Любой термин, любое определение в фундаментальной научной теории жестко связаны с философскими категориями.

В частности, например, рассмотрим понятие "система".

*Определение 1*

*Система*, с философской точки зрения, – объективное единство закономерно связанных между собой элементов, предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе [24].

*Определение 2*

Поскольку мы имеем дело с ФС, то система – это совокупность элементов, которые находятся во взаимных связях и образуют единое целое. При этом последнее выступает уже новым образованием по отношению к отдельным элементам, из которых оно состоит, и его свойства не сводимы к свойствам элементов [13].

Следовательно ФС, с одной стороны, это нечто самостоятельное и отличное от ее элементов, а с другой стороны зависящая от них. Элементы, входящие в ФС, в свою очередь приобретают присущие ей свойства и черты поведения.

Та или иная философская категория дополняет определение частно-научной категории, делает его более конкретным, снимает неопределенность [3, 25]. Важно установить, увидеть и правильно использовать взаимную связь между философскими и частно-научными категориями (физическими и научными терминами).

В фундаментальных физических теориях наше знание закономерностей природы предстает в настолько обобщенной форме, что отдельные аспекты этих теорий приобретают философский характер.

Философия, связана с каждой теорией не только общими методами, но и общими принципами становления и развития.

*Утверждение 1*

Фундаментальность теории определяется не громоздкостью ее математического аппарата, а степенью связи с философией и близостью к границам познаваемого [3].

Фундаментальную научную теорию можно с полным правом назвать прикладной теорией познания или проекцией теории познания на конкретную предметную область.

Между теорией познания и научными теориями существуют функциональные связи:

- 1) прямая связь – *обобщение* от конкретного к абстрактному;
- 2) обратная связь – это переход от абстрактного к конкретному.

С теорией познания связаны только фундаментальные науки. Теоретико-прикладные исследования имеют опосредованную связь [3].

Опираясь на теорию познания, философы сформулировали основные подходы к созданию любой теории.

### **2.1. Признаки фундаментальности с философских позиций**

С философских позиций фундаментальная естественнонаучная теория должна содержать [3]:

- 1) частно-научные категории (в прикладных дисциплинах они становятся терминами);
- 2) модель или систему моделей, составляющие концептуальную основу теории;
- 3) систему законов;
- 4) частно-научные методы исследований;
- 5) предметную область исследований, являющуюся эмпирической основой теории.

Кроме того, физические теории должны иметь не только высокую степень связи с философией, отличаться близостью к границам познаваемого, но и обладать предсказательной силой [26].

Различают две группы частно-научных категорий: фундаментальные и производные. Первые несут основную смысловую нагрузку фундаментальных теорий и непосредственно связаны с ее концептуальным содержанием, а вторые образованы на основе частно-научных категорий первой группы. Философская категория дополняет определение частно-научной категории, делает его более конкретным, и снимает неопределенность. Именно философские категории (материальный объект (вещество, поле...), свойство, явление, сущность и т.д.), входящие в определение частно-научных категорий, восполняют недостающую часть знания, заполняя понятийный вакуум [3].

Развитие научного знания о ФС неразрывно связано с построением различных формальных моделей или систем моделей и т.д., описывающих реальные физические процессы и их свойства. Поэтому роль моделей в определении принадлежности той или иной теории к фундаментальной является весьма важной.

В работах [18, 27-30] нами описаны категории и принципы ТИИ. Сложнее обстоит дело с законами. Для их формулирования необходимо познать методологию написания законов. Существование устойчивых, постоянных инвариантных отношений среди беспрестанно изменяющихся свойств (и параметров), признаков и характеристик ФС, процессов и явлений служит основой для выделения или абстрагирования законов. Как бы ни менялись свойства и характеристики систем и процессов, в их изменении всегда можно выделить некоторые устойчивые, постоянные отношения. Понять роль и значение закона можно лишь в рамках определенной научной теории или системы, где ясно видна логическая связь между различными законами, их применение в построении дальнейших выводов теории, характер связи с эмпирическими данными [6].

Закон – это существенный, устойчивый, регулярный и необходимый тип связи между явлениями, взятый в своей обобщенной форме и скорректированный относительно типологически классифицированных условий своего проявления [29]. Динамические законы представляют собой первый, низший этап в процессе познания окружающего нас мира; статистические законы обеспечивают более совершенное отображение объективных связей в природе: они выражают следующий, более высокий этап познания.

Частно-научные методы исследований – совокупность определенных правил, способов и средств, используемых для достижения практических целей и решения конкретных научно-технических задач.

Любая теория имеет свой предмет исследования, который выражает ее содержание и отвечает на вопрос: что изучает данная теория. Предмет исследования – существенные свойства или отношения объекта исследования, познание которых важно для решения теоретических или практических проблем. Предмет исследования определяет границы изучения объекта в конкретном исследовании [4].

## **2.2. Предсказательная сила физических теорий**

### *Утверждение 1*

Философы утверждают, что к физическим теориям должны предъявляться жесткие требования – они должны обладать предсказательной силой. Предсказательная сила физической теории зависит как от глубины отражения в ней сущности физических процессов, так и от самих (схем) формулировок, их логической структуры и содержания.

В свою очередь физики, говоря о физических законах и теориях, утверждают, что физические законы должны согласовываться с имеющимися экспериментальными данными, но главное – они должны обладать предсказательной силой, позволяя предугадывать результаты новых опытов и даже новые физические явления. Всякий физический закон имеет свою область применимости, определяемую кругом рассматриваемых явлений и допустимыми пределами изменения характеризующих их величин. Чем шире эта область, тем больше предсказательная сила закона и тем больше его ценность.

### *Утверждение 2*

Предсказательная сила физических теорий базируется на концепции существования функциональных связей. Открытие функциональных связей позволяет предвидеть будущее, осуществлять обоснованный прогноз еще не состоявшихся типичных событий.

Математическая формулировка физических законов резко повышает точность описания различных физических явлений, а с ней и возможности что-либо предсказывать [26].

### **2.2.1. Предсказания в динамических и статистических теориях**

Предсказания связаны с математическими моделями изучаемых физических объектов и строятся на функциональном описании происходящих в них процессов и явлений. Предсказания в динамических теориях строятся на том факте, что по состоянию ФС в начальный момент времени можно однозначно определить ее состояние в любой наперед заданный (последующий) момент времени.

В этих предсказаниях главным является вопрос: как задать состояние ФС и возможно ли точное знание начальных условий? Чем больший класс задач можно решить с точки зрения существующей точности задания состояния системы, тем теория лучше, тем сильнее ее предсказательная сила. Повышение точности задания состояния ФС может привести к открытию совершенно парадоксальных свойств этих систем, которые прекрасно будут описываться существующими теориями [26].

Предсказания в статистических теориях имеют вероятностный характер, обусловленный действием на ФС множества случайных факторов. В этой связи состояние любой ФС может быть описано только с какой-то степенью приближения. Всегда существует разница между истинным состоянием системы и описанием этого состояния.

### *Утверждение 3*

Состояние ФС, состоящей из огромного числа элементов, характеризуется функцией распределения.

Зная вид и параметры функции распределения можно вычислить для данной ФС среднее значение любой ФВ и меру отклонения ее от среднего значения – среднеквадратичное отклонение, или дисперсию. По функции распределения в данный момент времени при известном законе взаимодействия частиц (между собой и с внешними полями) можно найти вероятность определенных значений координат и импульсов в любой последующий момент времени.

### *Утверждение 4*

Предсказания, относящиеся к состоянию системы как целостной характеристике ФС, носят строго однозначный характер, а предсказания, относящиеся в отдельности к каждому из параметров, характеризующих состояние ФС, носят вероятностный характер [26].

### **2.2.2. Дополнительные типы предсказаний, обогащающих теорию**

Перечислим иные типы предсказаний, о которых более подробно можно узнать по работе [26].

#### **1. Предсказание качественно новых эффектов с помощью ММ**

Основано на использовании идеальной ММ, содержащей известную до ее построения информацию о моделируемом объекте. Изучение данной модели должно вести к получению новой информации о моделируемом объекте, то есть к предсказанию качественно новых эффектов.

#### **2. Предсказания по наложенным ограничениям**

Предсказания физических теорий – это не только определенные разрешения, но и определенные

ограничения, накладываемые на ФС и ее ММ.

Установленные ограничения, как одна из форм предсказаний, используются при постановке ряда практических задач исследований ФС.

Большинство фундаментальных теорий связано с осознанием все новых и новых ограничений. И прежде всего с ответом на вопрос, чего нельзя сделать, какие цели, в принципе, не можем ставить перед научным исследованием [31]. По сути, осознание новых ограничений стало признаком фундаментальности теории.

В частности, например, квантовая механика проиллюстрировала, принципиальную невозможность одновременного измерения с заранее заданной точностью параметров (временную координату и амплитуду импульса) элементарной частицы. Не поддаются одновременному измерению и многие другие величины [26].

### 3. Предсказания по гипотезам<sup>7</sup> (предположениям)

Предсказания стали использовать при выборе конкурирующих гипотез, которые могут перейти при их подтверждении в научные теории или в отдельные истинные суждения. Некоторые из гипотез могут быть и опровергнуты. Предпочтение отдается тем гипотезам, которые предсказывают новые явления и обладают логической простотой.

Гипотеза должна обладать достаточной общностью и предсказательной силой, т. е. объяснять не только те явления, из рассмотрения которых она возникла, но и все связанные с ними явления. Кроме того, она должна служить основой для вывода заключений о неизвестных ещё явлениях [32].

### 4. Предсказания новых теорий и принцип соответствия

Новая, более точная теория в применении к исследуемым свойствам и явлениям должна давать тот же результат, что и классическая теория.

Предсказательная сила физических теорий стала использоваться для построения новых физических теорий благодаря принципу соответствия Н.Бора. Он был сформулирован Н.Бором в 1913 г. следующим образом: «Никакая новая теория не может быть справедливой, если она не содержит в качестве предельного случая старую теорию, относящуюся к тем же явлениям, поскольку старая теория уже оправдала себя в этой области» [33]. Принцип соответствия раскрывает соотношение между физическими теориями, описывающими одни и те же процессы, указывает условия перехода от одной теории к другой. Например, теория прямых измерений перешла в ТИИ в результате смены общенаучных методологий научных исследований: методологии системного анализа в методологию системного подхода. Согласно последней ОИ и СИ рассматриваются не раздельно, а как единая сложная ИС.

В широком смысле под данным принципом понимают логически необходимое требование, чтобы новая теория, описывающая более широкий круг явлений, включала в себя как частный случай старую теорию, имеющую более ограниченную область применимости. При этом обязательным требованием является экспериментальное подтверждение старой теории и нахождение для нее сферы приложения на практике [26, 34, 35].

### 5. Предсказания посредством физических законов

#### Утверждение

Физический закон обладает предсказательной силой, поскольку он указывает на то, что будет происходить в физической системе при определенных условиях.

#### Законы сохранения

Особую роль в физике выполняют законы сохранения (энергии, импульса, момента, количества движения; электрического, барионного и лептонного зарядов и т.д.), т.е. физические законы, утверждающие постоянство во времени физических величин, относящихся к изолированной (замкнутой) системе<sup>8</sup>.

#### Утверждение

Кажущиеся нарушения какого-либо закона сохранения, приводят к анализу и возможным альтернативным объяснениям этого явления и к новым предсказаниям.

### 6. Предсказания прошлого состояния физических систем

Особую систему составляют предсказания, связанные с восстановлением прошлого состояния ФС. Именно они составляют суть всех нестационарных моделей ФС.

Данные предсказания строятся по следующей логической схеме: раньше было то-то, и об этом свидетельствует то, что мы наблюдаем сейчас [26]. Зная два последующих состояния ФС и предполагая нелинейный характер изменения ее состояния, мы можем спрогнозировать и ближайшее прошлое состояние системы.

### 7. Предсказание состояния открытых нелинейных систем разной физической природы (самоорганизующихся систем)

Самоорганизующейся называется такая ФС, которая без специфического воздействия извне обретает какую-то пространственную, временную или функциональную структуру [36].

Поведение многих самоорганизующихся систем предсказуемо на малых (в области линейных изменений состояний) и непредсказуемо на больших временах (при нелинейных изменениях состояний). На сегодняшний день пока невозможно точное предсказание того, что будет происходить в открытой сильно нелинейной ФС в будущем. Это объясняется тем, что нелинейную модель процессов, протекающих в системе, не корректно заменять линейной или слабо нелинейной, ввиду сильной потери информации о

<sup>7</sup> Гипотеза рассматривается как предположительное суждение о закономерной (или причинной) связи явлений.

<sup>8</sup> Это система, взаимодействием которой с другими системами можно пренебречь.



состоянии ФС. Не возможно и создать необходимые условия для исследований самоорганизующейся системы.

#### *Утверждение*

Предсказание состояния сильно нелинейных ФС возможно только на промежутках времени от одного состояния бифуркации<sup>9</sup> до другого.

Приведенные выше признаки фундаментальности являются необходимыми, но не достаточными. Их недостаточность объясняется тем, что некоторые положения или признаки фундаментальности не четко сформулированы. В 80-е годы, когда началась полемика о фундаментальности физических теорий и их роли в исследовании методологических вопросов физики [6], общенаучная методология системного подхода находилась на стадии становления, самоутверждения. Основные положения знали и использовали в своих исследованиях и теориях ограниченный круг ученых-физиков.

На основании доводов философов и физиков, а также с учетом общенаучной методологии системного подхода, нами сформулирована система правил и признаков фундаментальности любой физической теории.

#### **Правила и признаки фундаментальности физических теорий**

Установлено 14 правил и признаков фундаментальности физических теорий:

- 1) использование общенаучной методологии системного подхода<sup>10</sup> при создании новых теорий;
- 2) следование основным требованиям философии (науки всех наук) к теориям в части формулирования и использования основных структурных элементов теории, – общих и частных законов, явлений, категорий, принципов, методов, методологий, научных положений, основных правил, руководящих идей, парадигм, точек зрения и т.д., отличающих данную теорию от других;
- 3) глубокая проработка теории, использование структур и структурных элементов общих со структурами и структурными элементами фундаментальных физических теорий;
- 4) следование принципу соответствия Н.Бора или принципу преемственности знаний, их использование, обновление и обогащение с помощью новой теории;
- 5) инвариантные проявления сущности ФС или возможность установления инвариантов известных групп преобразований или группы преобразований, известные элементы которой неизменны;
- 6) наличие не одной, а совокупности целей (системы стратегических целей);
- 7) наличие доступного для понимания математического аппарата, описывающего основные законы, закономерности, состояния ФС, свойства, связи и воздействия разной физической природы и т.д.;
- 8) получение системного эффекта от использования данной теории;
- 9) возможность системной и целенаправленной (закономерной) структуризации данных с целью получения новых знаний;
- 10) возможность получения достоверной информации о типовых состояниях ФС и прогнозирование критических состояний;
- 11) обладание предсказательной силой;
- 12) получение новых положительных системных результатов исследований ФС;
- 13) развитие прикладных направлений научных исследований и становление новых дисциплин;
- 14) прогнозируемость и известность путей дальнейшего развития физической теории (предсказательная сила теории).

#### **Принципы фундаментальности теории:**

##### *Принцип 1*

Теория без явлений не существует, поскольку познание сущности физических систем идет от явлений.

##### *Принцип 2*

Физическая теория является фундаментальной в том и только в том случае, если она создана на базе общенаучной методологии системного подхода и имеет не одну, а совокупность (стратегических) целей.

##### *Принцип 3 (принцип «серого ящика»)*

Получение новых знаний и их обновление возможно и имеет смысл в том и только в том случае, если система «ОИ – СИИ» рассматривается как «серый ящик», т.е. как ФС, описываемая функцией состояния (уравнениями состояния) определенного вида, значения параметров которых неизвестно.

##### *Принцип 4*

Новые знания – это закономерно структурированные результаты измерений.

##### *Принцип 5*

Непрерывное приращение и обновление знаний – источник развития (жизненной силы) любой науки.

##### *Принцип 6*

В фундаментальных теориях структурирование данных и информации должно носить системный и целенаправленный характер.

##### *Принцип 7 (принцип фундаментальности вероятностных закономерностей)*

<sup>9</sup> Бифуркационное состояние – состояние, при котором малая флуктуация приводит к согласованному движению частиц системы [26].

<sup>10</sup> Методология системного анализа нами не рекомендуется к использованию в XXI-м веке.

Статистические (вероятностные) закономерности первичны [36], а поэтому и фундаментальны, и характеризуются гибкими вероятностными связями; динамические закономерности вторичны и характеризуются жесткими однозначными причинными связями.

Таким образом, любая развиваемая физическая теория может быть признана фундаментальной, если она соответствует указанной выше совокупности базовых правил и признаков. По отношению к физическим теориям приведенные правила и признаки могут выполнять критериальные функции. Принципы фундаментальности – это исходные положения, усиливающие сущность тех или иных правил и признаков.

Следуя данным правилам и признакам разрабатываемая физическая теория будет обладать полнотой научных исследований, глубиной проработки, законченностью доказательств и т.д., т.е. фундаментальностью.

#### **Выводы**

Впервые в истории метрологии сформулированы основные правила и признаки фундаментальности любой физической теории и соответствующие принципы фундаментальности.

Общность фундаментальных теорий проявляется в использовании, в качестве основного, понятия «состояние физической системы». Закономерные связи в природе выражаются посредством однозначных связей состояний.

Структура фундаментальных физических теорий имеет вполне определенную внутреннюю организацию структурированных и доказательных форм знаний.

Существует мнение, что физическая величина – это не свойство, а характеристика одного из свойств физического объекта.

Поведение физических систем характеризуется законом движения или состояния и начальными условиями, обычно задаваемыми исходя из поставленной задачи исследований.

Позиция физиков заключается в том, что фундаментальной физической теории должны быть присущи такие признаки, как общность структуры и составляющих ее структурных элементов, использование понятий «состояние», «связи», «неопределенность измерений», а также оценка состояния системы посредством вероятностных характеристик, т.е. признаки, которые присущи всем фундаментальным физическим теориям.

Философы считают, что фундаментальной является та физическая теория, которая создана на базе фундаментальных философских воззрений (основных подходов) к созданию любой теории, т.е. в ней должны быть использованы обобщенные методы мышления и познания мира, выделены основные общенаучные понятия: «законы», «закономерности», «категории», «классы», «принципы», «методы», «методологии» и т.д., а также использованы ранее накопленные знания о предмете исследований.

Фундаментальная физическая теория без явлений не существует, поскольку познание сущности физических систем идет от явлений.

Сродство между предметами, явлениями и теориями устанавливает симметрия. Она охватывает все формы движения и организации материи и поэтому является фундаментальным понятием (категорией).

Признаком фундаментальности теорий является установление законов симметрии, обеспечивающих нахождение инвариантов и соответствующих групп преобразований, законов сохранения и других физических законов.

Фундаментальность теории определяется не громоздкостью ее математического аппарата, а степенью связи с философией и близостью к границам познаваемого.

Фундаментальную научную теорию можно с полным правом назвать прикладной теорией познания или проекцией теории познания на конкретную предметную область.

Философы утверждают, что фундаментальные физические теории должны обладать предсказательной силой. Она зависит как от глубины отражения в ней сущности физических процессов, так и от самих (схем) формулировок, их логической структуры и содержания.

Фундаментальные физические теории должны обладать возможностями предсказания качественно новых эффектов посредством физических законов и математических моделей, предсказания по наложенным ограничениям, по гипотезам, предсказания прошлого состояния физических систем и состояния открытых нелинейных систем разной физической природы, предсказания новых теорий согласно принципу соответствия. Новая, более точная теория в применении к исследуемым свойствам и явлениям должна давать тот же результат, что и классическая теория.

С позиций современного естествознания признаками фундаментальности физических теорий XXI–го века являются также следующие: обязательное использование общенаучной методологии системного подхода; наличие не одной, а системы стратегических целей; получение системного эффекта от использования вновь предложенной теории; прогнозируемость или известность путей дальнейшего развития предлагаемой физической теории; получение новых знаний за счет системной и целенаправленной (закономерной) структуризации получаемых данных; извлечение информации о типовых состояниях ФС и прогнозирование ее критических состояний.

Синтезированная совокупность правил и признаков исключит, в будущем, противоречивые толкования и оценки фундаментальности или не фундаментальности той или иной созданной или создаваемой физической теории.

#### **Литература**

1. Сухотин А. Парадоксы науки // <http://n-t.ru/ri/sh/pn01.htm>.
2. Иванов Г. П. Релятивистские теории А. Эйнштейна и Г. Лоренца в свете новых теорем классической электродинамики и общей физики. – 2002 // <http://314159.ru/ivanov/system.html> и <http://www.tts.lt/~nara/ether/ether.htm>.
3. Кулигин В., Кулигина Г., Корнева М. Физика и философия физики. Философские категории и физические термины. Часть 1. – 2001 // <http://n-t.ru/tp/ns/fff2.htm>.
4. Иванов Г. П. Теория относительности для здравомыслящих или конец релятивистского угара // <http://314159.ru/ivanov/system.html>.
5. Иванов Г. П. Классическая электродинамика и современность. Висагинас (Литва), 2002.
6. Мякишев Г.Я. Общая структура фундаментальных физических теорий и понятие состояния // Физическая теория. – М.: Наука, 1980. – С.420-436 // <http://www.philsci.univ.kiev.ua/biblio/mjakshev.html>.
7. РМГ 29–99. Метрология. Основные термины и определения. Издание официальное. Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 2002.
8. Ефремова Т. Современный толковый словарь русского языка. В 3-х томах. Том 1. А-Л. // <http://nenaidesh.ru/lib/Book-14-5.html>.
9. Основные термины в области метрологии / Юдин М.Ф. Селиванов М.Н., Тищенко О.Ф. Скороходов А.И. – М.: Изд.-во Стандартов. – 1989. – 240 с.
10. Кошарский В. Системный подход – путь к познанию и решению проблем / Системные исследования и управление открытыми системами. – Вып. 23. – Хайфа: Изд-во Центра «Источник информации (Мекор мейда)», 2006. – С. 9-19.
11. Проблемы онтологии и теория познания // <http://www.fos.ru/filosofy/12694.html>.
12. Законы науки, способы их открытия и обоснования // [http://student.km.ru/ref\\_show\\_frame.asp?id=67E F41C5F1204ED985FE35E7C18CFEE0](http://student.km.ru/ref_show_frame.asp?id=67E%20F41C5F1204ED985FE35E7C18CFEE0).
13. Социология: история, основы, институализация в России. Глава 3. Общество как социальная система // [http://www.i-u.ru/biblio/archive/novikova\\_soc/soc\\_nov31.aspx](http://www.i-u.ru/biblio/archive/novikova_soc/soc_nov31.aspx).
14. Переслегин С.Б. Структурная формулировка законов диалектики // [http://www.igstab.ru/materials/Pere-slegin/Per\\_Dialect.htm](http://www.igstab.ru/materials/Pere-slegin/Per_Dialect.htm).
15. Кондратов В.Т. Основы теории автоматической коррекции систематических погрешностей измерения физических величин при нестабильной и нелинейной функции преобразования датчика”: Дис. ... докт. техн. наук. – К., 2001. Приложение, Т. 2. – 791 с.
16. Хубка В. Теория технических систем: Пер. с нем. – М., 1987. – 208 с.
17. Кондратов В.Т. Типы связей в исследуемых физических системах // Труды 1-й междунар. науч.-практ. конф. “Современные технологии ресурсосбережения”, Партеид, Т.1, 1997. – С. 12-17.
18. Кондратов В.Т. Философские аспекты теории избыточных измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 2009. – №2. – С. 8-20.
19. Цветков В.Д. Сердце, золотое сечение и симметрия. Р. 1.2. симметрия, “особые” числа и отношения // [http://314159.ru/tsvetkov/ts\\_1\\_2.htm](http://314159.ru/tsvetkov/ts_1_2.htm).
20. Вейль Г. Симметрия. – М.: Наука, 1968. – 192 с.
21. Вигнер Ю. Этюды о симметрии: Пер. с англ./Перевод Данилова Ю.А.; Под ред. Я.А.Сморodinского. – М.: Мир, 1971. – 210 с.
22. Сохранения законы // <http://bse.sci-lib.com/article104823.html>.
23. Концепции современного естествознания. Лекция 23. Принципы симметрии в научной картине мира // <http://www.ugatu.ac.ru/ddo/KSE/01/0123/ks012300.htm>
24. Глоссарий // [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl\\_sch2.cgi?RNgz,t!!oxhrlkuigto9;](http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RNgz,t!!oxhrlkuigto9;) [http://www.igstab.ru/materials/black/Per\\_Dialect.htm](http://www.igstab.ru/materials/black/Per_Dialect.htm)].
25. Кулигин В., Кулигина Г., Корнева М. Физика и философия физики. Теория познания научной истины. Часть 2. – 2001 // <http://n-t.ru/tp/ns/fff2.htm>.
26. Любичанковский В.А. Эволюция представлений о предсказательной силе физических теорий (от классики до синергетики) / Теоретический журнал НОВОЕ КРЕДО. 2002 // <http://credonew.ru/content/view/289/27/>.
27. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений//Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 1. – С. 7-24.
28. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений / Сб. докладов междунар. науч.-техн. конф. „Метрологическое обеспечение измерительных систем”. – Пенза, 2005. – С. 191-210.
29. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений – стратегическая теория XXI века//Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Спецвипуск. Науково-технічний журнал. Черкаси: ЧДТУ, 2007. – с. 120-122.
30. Кондратов В.Т. Новая стратегия измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 2008. – №3. – С. 101-121.
31. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – 2-е изд. – М., 2001. – С.22-23.
32. Значение слова "Гипотеза" в Большой Советской Энциклопедии // <http://bse.sci-lib.com/article010616.html>.

33. Бор Н. Три статьи о спектрах и строении атомов: Пер с нем. – М. – П., 1923. С.43.  
 34. Кузнецов И.В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. – М., 1948.  
 35. Бор Н. Избранные научные труды. – Т.2. – М., 1971. – С.15.  
 36. Принцип фундаментальности вероятностных закономерностей // <http://www.iro.yar.ru:8101/resource/distant/math/tr2/s/m5.htm> 4.

Надійшла 25.9.2009 р.

УДК 681.518

Д.Е. ИВАНОВ

Институт прикладной математики и механики НАН Украины, г. Донецк

## ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВЕРИФИКАЦИИ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ЦИФРОВЫХ СХЕМ ДЛЯ ДВУХЯДЕРНЫХ СИСТЕМ

*В статті розглянуто одну з центральних задач технічної діагностики – верифікацію еквівалентності цифрових пристроїв. Для алгоритму верифікації, який описано авторами раніше, запропоновано модифікацію для двоядерних систем. Паралельна версія алгоритму дозволяє суттєво підвищити завантаження ядер процесору та швидкодію роботи всього алгоритму. Наведено результати обчислювальних експериментів, які показують підвищення швидкодії в середньому в 1.88 раза для контрольних схем ISCAS-89.*

*In the paper one of the central problems of the technical diagnostics, verification of the equivalence of digital circuits, is considered. For the algorithm, which was early described by authors, one modification is proposed, that works on the dual-core workstation. The parallel version of the algorithm allows essentially raising the overall speed of work. Experimental results of the calculation experiments show the speed-up of the algorithm approximately 1.88 times for ISCAS-89 benchmarks.*

Ключові слова: цифрові пристрої, діагностування.

### Введение

Прогресс микроэлектроники ставит перед разработчиками задачи обработки схем очень большой размерности. Современные средства автоматизированного проектирования позволяют работать со схемами, содержащими десятки тысяч логических вентилей, в том числе с последовательными схемами, содержащими тысячи элементов состояний. Безусловно, работа со схемами такой размерности требует также средств их оптимизации. Такие средства, обычно, изменяют логическую структуру схемы, минимизируя некоторые параметры, например число вентилей в логическом блоке. Однако они должны оставлять неизменной логику функционирования. В связи с этим одной из центральных задач технической диагностики цифровых схем является задача проверки эквивалентности двух заданных схем.

Для решения данной задачи ранее предложены точные алгоритмы, которые базируются, в основном, на булевых преобразованиях схемы [1-2]. Однако с ростом размерности схем такой подход всё чаще даёт отрицательные результаты. Это связано с переполнениями памяти для стеков возвратов в данных алгоритмах. Таким образом, будучи прерванными из-за проблемы переполнения памяти, точные алгоритмы вообще не дают никакого результата ни об эквивалентности, ни о неэквивалентности заданных схем. Это заставляет разрабатывать новые нетрадиционные подходы к решению подобных задач. Одним из таких подходов является применение генетических алгоритмов [3].

Генетические алгоритмы уже применялись авторами для решения ряда традиционных задач технической диагностики. В частности были описаны алгоритмы построения тестовых последовательностей [4], иницирующих последовательностей [5-6] и последовательностей, которые проверяют эквивалентность двух схем [7]. Во всех упомянутых генетических алгоритмах особи представлены в виде входных двоичных последовательностей. Вычисление их оценочных функций основано на моделировании работы цифровых схем (исправном или с неисправностями). Также для повышения скорости вычисления фитнес-функций, авторами был предложен распределённый алгоритм моделирования цифровых схем с неисправностями [8]. В нём в качестве вычислительной платформы использовался кластер, построенный на обычной локальной сети.

В данной статье предлагается иной подход к повышению быстродействия генетических алгоритмов. Он основан на доступности многоядерных процессоров. Для алгоритма верификации эквивалентности двух схем предлагается параллельный алгоритм вычисления оценочной функции. Оценка особи вычисляется путём распараллеливания процесса моделирования работы двух верифицируемых схем на вычислительные ядра процессора. Показано, что такой подход позволяет существенно повысить скорость работы алгоритма на двухядерных рабочих станциях.

Данная статья имеет следующую структуру. Во втором разделе описаны источники параллелизма применительно к алгоритмам САПР. В третьем разделе сделана постановка задачи верификации