



► **МЕЛЬНИКОВ Юрий Борисович**  
Кандидат физико-математических наук,  
доцент, заведующий кафедрой  
прикладной математики

Уральский государственный  
экономический университет  
620144, РФ, г. Екатеринбург,  
ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45  
Тел.: (343) 221-27-37  
E-mail: uriimelnikov58@gmail.com

**Yury B. MELNIKOV**  
Cand. Sc. (Physics and Mathematics),  
Associate-Prof., Head of Applied  
Mathematics Dept.

Urals State University of Economics  
620144, RF, Yekaterinburg,  
8 Marta/Narodnoy Voli St., 62/45  
Phone: (343) 221-27-37  
E-mail: uriimelnikov58@gmail.com



► **ЕВДОКИМОВА Дарья Александровна**  
Магистрант кафедры вычислительных  
методов и уравнений математической  
физики

**Darya A. YEVDOKIMOVA**  
Graduate student of Computational  
Methods and Equations of Mathematical  
Physics Dept.

E-mail: evdokimovadaria@gmail.com



► **ДЕРГАЧЕВ Евгений Анатольевич**  
Магистрант кафедры вычислительных  
методов и уравнений математической  
физики

**Yevgeny A. DERGACHEV**  
Graduate student of Computational  
Methods and Equations of Mathematical  
Physics Dept.

E-mail: moaisdean@gmail.com

## Стратегии построения модели

### Ключевые слова

МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СТРАТЕГИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
УПРАВЛЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

### Аннотация

Рассматривается алгебраический подход к построению стратегий деятельности, состоящий из 1) системы базовых элементов (в данном случае базовых стратегий), 2) системы типовых преобразований и механизмов комбинирования; 3) механизма аппроксимирования. Авторами выделены система постулатов рутинного моделирования (осуществляемого типовыми методами, без инсайта), система базовых стратегий рутинного моделирования, показано, что любая стратегия рутинного моделирования может быть представлена в виде комбинации базовых стратегий, описанных в статье.

Задача управления деятельностью актуальна практически для всех областей. Например, она является центральной в организации научной и проектной деятельности, в обучении [3–6]. Управление основано на системе моделей деятельности и ее компонентов [4]. Мы будем ориентироваться на формально-конструктивную трактовку модели, представленную на рис. 1, в табл. 1 и 2.

Адекватность модели всегда определяется с помощью сравнения оцениваемой модели с некоторой эталонной моделью, причем, как правило, эталонная модель отличается от моделируемого объекта. В задачах управления одним из важнейших видов эталонных моделей деятельности является *план деятельности*. В качестве инструмента создания плана мы рассматриваем стратегию. Существует большое число трактовок последнего термина, но практически все они могут быть точно представлены в системе, описанной в табл. 3.

Описание сложных стратегий и тем более обучение реализации таких стратегий представляет собой задачу, иногда кажущуюся невыполнимой. Один из вариантов решения этой задачи – применение *алгебраического подхода* [1; 2], состоящего в построении трех компонентов: 1) системы базовых элементов (в данном случае базовых стратегий деятельности); 2) системы типовых преобразований (в частности, механизмов комбинирования базовых элементов); 3) аппарата аппроксимирования, предназначенного для представления требуемого объекта в виде результата применения типовых преобразований к базовым элементам. Аппарат аппроксимирования для системы стратегий основан на следующей идее: для каждой базовой стратегии выделяются условия, при которых применение данной базовой стратегии является наиболее перспективным, что позволяет после применения очередной базовой стратегии проанализировать сложив-

Моделируемый объект	Связи между компонентами объектов	Моделирующий объект (модель в традиционной трактовке)		
Формально-конструктивное определение модели: модель – это система из интерфейсного и модельно-содержательного компонентов, описанных в табл. 1 и 2				
Интерфейсный компонент модели		Модельно-содержательный компонент модели		
Граматики	Аппарат перевода	Носитель	Совокупность характеристик	Совокупность отношений

Рис. 1. Иллюстрация к формально-конструктивному определению модели

# The Strategies of Model-Making

## Key words

MODELLING  
ACTION STRATEGY  
ACTION MANAGEMENT

## Summary

In the paper the algebraic approach to formulation of action strategies is considered. It consists of 1) the system of basic elements (in our case, basic strategies), 2) the system of standard transformations and combination mechanisms, and 3) approximation mechanism. The authors emphasize the system of postulates of routine modelling (which is carried out by standard methods without insight) and the system of basic strategies of routine modelling. The article demonstrates that any strategy of routine modelling can be presented as a combination of fundamental strategies described in the present paper.

шуюся ситуацию и выбрать наиболее перспективную стратегию. Важнейшим условием эффективного применения алгебраического подхода является выделение системы стратегий, которые можно взять в качестве базовых для конкретного вида деятельности, и обоснование полноты списка соответствующих базовых стратегий [1]. В частности, среди уже построенных систем базовых стратегий рутинной исследовательской деятельности и рутинной проектной деятельности наименее разработанной, по-видимому, является стратегия построения модели. В данной статье мы построим систему стратегий, которые можно взять в качестве базовых для управления процессом

построения модели, и обоснуем полноту этой системы.

Стратегия построения модели применяется для получения модели, обладающей достаточным уровнем адекватности относительно некоторых эталонных моделей и конкретных характеристик адекватности. Каждая характеристика адекватности предназначена для оценивания либо корректности, либо достоверности, где *корректность* полученной модели определяется как формальное соответствие правилам типового представления модели, являющимся общепринятыми в соответствующей среде, а *достоверность* – как соответствие заранее заданным характеристикам, отражающим

Таблица 1 – Интерфейсный компонент модели

Грамматика		Аппарат перевода
Грамматика языка, в котором представлен моделируемый объект, прототип	Грамматика языка, в котором представлен модельно-содержательный компонент модели	Аппарат перевода с языка представления моделируемого объекта на язык модельно-содержательного компонента модели: словарь, механизм анализа, синтеза и др.

Таблица 2 – Модельно-содержательный компонент модели

Носитель	Совокупность характеристик	Совокупность отношений
Множество элементов, из которых состоит моделируемый объект с точки зрения данной модели	Множество функций, область определения каждой из которых включает в себя декартову степень носителя	Множество отношений на объединении носителя и совокупности характеристик



▶ **УСПЕНСКИЙ Дмитрий Александрович**  
Магистрант кафедры вычислительных методов и уравнений математической физики

## Dmitry A. USPENSKY

Graduate student of Computational Methods and Equations of Mathematical Physics Dept.

E-mail: [uspenskiy@outlook.com](mailto:uspenskiy@outlook.com)



▶ **ОГОРОДОВ Максим Сергеевич**  
Магистрант кафедры вычислительных методов и уравнений математической физики

## Maksim S. OGORODOV

Graduate student of Computational Methods and Equations of Mathematical Physics Dept.

E-mail: [studentproff@ya.ru](mailto:studentproff@ya.ru)

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
620002, РФ, г. Екатеринбург,  
ул. Мира, 32  
Тел.: (343) 375-48-78

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin  
620002, RF, Yekaterinburg,  
Mira St., 32  
Phone: (343) 375-48-78

**JEL classification**

**C60**

существенные свойства моделируемого объекта. Наиболее важным, формализованным и часто применяемым вариантом задания эталонных моделей и характеристик достоверности является техническое задание. По-видимому, не будет вызывать недоразумений соглашение, по которому мы любое достаточно корректное описание эталонных моделей и характеристик достоверности будем называть техническим заданием. Как показывает опыт, успешность применения стратегии построения модели и использования полученной модели во многом определяется наличием определенных ресурсов: материальных, интеллектуальных, организационных и др. Эти факты мы зафиксировали в виде следующего постулата.

#### **Постулат цели моделирования.**

Целью моделирования является создание модели объекта, существование которого постулируется до начала исследования (объект может быть идеальным), обладающей достаточным уровнем адекватности относительно следующих эталонных моделей:

- а) предметных моделей, представленных в техническом задании;
- б) моделей, представленных набором правил, требований к форме представления модели;
- в) моделей, представленных ресурсными ограничениями (экономическими, временными, допустимым уровнем риска и др.).

#### **Постулат структуры модели.**

Построение модели означает создание, во-первых, носителя модели, т.е. элементов, из которых состоит объект с точки зрения данной модели, во-вторых, системы характеристик и отношений, т.е. функций, определенных на носителе модели, и отношений на объединении носителя модели и совокупности характеристик, в-третьих, интерфейсного компонента модели, т.е. аппарата, предназначенного для обмена информацией между образом и прообразом.

В данной статье мы рассматриваем стратегию построения модели без использования инсайта. Здесь под *инсайтом* мы будем понимать, во-первых, создание модели на основе неизвестных ранее явлений, закономерностей, принципов, во-вторых, использование известных закономерностей с помощью способа, не применявшегося ранее в данной области деятельности, в-третьих, установление нетрадиционных аналогий. Таким образом, *отсутствие инсайта* означает, что объект создается с помощью

традиционных аналогий с известными объектами (моделями) или путем типового комбинирования известных объектов (моделей), т.е. комбинирования известных моделей с помощью методов, достаточно широко распространенных в среде соответствующих специалистов. Это соглашение мы зафиксировали в виде следующего постулата.

**Постулат измененной модели.** Построение модели, не использующее инсайт, осуществляется с помощью следующих изменений известных моделей: 1) комбинирования известных моделей; 2) изменения компонентов модели (интерфейсного компонента, носителя, характеристик и(или) отношений) с помощью методов, традиционных для данной области деятельности.

«Рутинное» моделирование (не использующее инсайт) подразумевает использование набора только известных моделей и типовых преобразований, принятых в данной предметной области.

**Постулат алгебраичности.** Описание объекта, представленное в типовой форме, стандартной для деятельности в данной области, носит алгебраический характер, т.е. сводится к представлению его с помощью набора типовых базовых объектов (моделей) и системы типовых преобразований объектов.

Естественно принять также одно из традиционных положений системного подхода, которое мы назвали постулатом полимодельности.

**Постулат полимодельности.** Всякий рассматриваемый объект: 1) является моделью, компонентой или элементом какой-либо компоненты некоторой модели; 2) может быть описан совокупностью моделей, в том числе существенно различных, но обладающих определенным, заранее оговоренным уровнем адекватности.

Мы будем рассматривать процесс построения модели, удовлетворяющий данному набору постулатов. Достаточно подробное описание стратегий, посредством которых может быть организовано управление данным видом деятельности, в рамках статьи нам представляется нецелесообразным (это тема отдельного исследования). Поэтому мы ограничимся их кратким абрисом и ссылками на примеры использования.

**Стратегия алгебраического построения моделей** применяется в случае, когда исполнителю известны все базовые модели, типовые преобразования и механизмы комбинирования, а также механизм аппроксимирования,

достаточные для получения необходимой модели. В качестве примера можно указать аппроксимацию функции с помощью формулы или ряда Тейлора, ряда Фурье, представление этой функции в виде сплайнов или приближенное ее задание с помощью элементарных функций, параметры которых вычисляются методом наименьших квадратов. Другим примером является проектирование строительного сооружения, основанное на использовании в качестве базисных элементов кирпичей, железобетонных блоков, балок, плит перекрытия и др. При этом типовые комбинации и преобразования представлены типовыми техническими решениями и ограничениями (СНИП, технические параметры элементов), а механизм аппроксимирования – соответствующими правилами и технологиями проектирования, в частности, правилами проведения расчетов.

**Стратегия смены компонентов модели** основана на идее повышения адекватности имеющейся модели за счет замены некоторых элементов носителя модели (например, повышение проходимости грузовика за счет замены заднего ведущего колеса автомобиля на тележку с катками, на которые натянута гусеница), замены некоторых характеристик (например, изменение правил начисления налогов на определенный вид деятельности или изменение способа учета результатов деятельности, скажем, когда вместо объема выпуска продукции учитывается объем продаж произведенной продукции или объем заказов на нее), каких-то отношений (допустим, перевод подразделения в подчинение другой структуре или изменение приоритетов в отчетности подразделений или должностных лиц) или элементов интерфейсного компонента (допустим, резкое повышение успеваемости в группе при прежних методиках обучения и прежнем способе оценивания его качества можно трактовать как изменение отношения студентов к обучению, как снижение требований к уровню подготовки или как неадекватность педагогических измерений). В математике в качестве применения этой стратегии можно рассматривать представление векторного произведения векторов  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  в виде формального детерминанта:

$$[\vec{a}, \vec{b}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}.$$

В строгом смысле это не детерминант, так как элементы первой строки не являются числами, но формальное раскрытие детерминанта приводит к верной формуле векторного произведения

$$[\vec{a}, \vec{b}] = (a_y b_z - a_z b_y) \vec{i} + (a_z b_x - a_x b_z) \vec{j} + (a_x b_y - a_y b_x) \vec{k}.$$

В данном примере был изменен интерфейсный компонент, так как в определителе в качестве переменных  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  подставляются не числа, а векторы. В качестве примеров применения стратегии смены компонентов модели можно рассматривать также замену двигателя в автомобиле и изменение полномочий должностного лица.

**Стратегия построения моделей по аналогии** применяется в ситуации, когда имеется некоторая модель ( $I', (A', F', P')$ ) и установлены связи ее компонентов с некоторыми объектами, которые могут рассматриваться как части компонентов какой-либо модели (рис. 2).

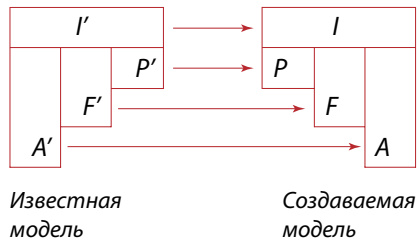


Рис. 2. К стратегии построения моделей по аналогии:  $I', I$  – интерфейсные компоненты моделей;  $A', A$  – носители моделей;  $F', F$  – системы характеристик;  $P', P$  – системы отношений

Завершив построение компонентов модели, получаем требуемую модель ( $I, (A, F, P)$ ). Например, очевидна аналогия между свойствами сложения чисел и свойствами сложения векторов плоскости. Эта аналогия была обогащена операцией умножения векторов комплексной плоскости (при котором модули перемножаются, а аргументы суммируются), в результате чего была получена одна из моделей поля комплексных чисел. Аналогичным образом, изменив традиционное определение умножения многочленов от переменной  $i$  (с помощью отношения  $i^2 = -1$ ), получили другую модель поля комплексных чисел. Еще одним примером применения стратегии построения модели по аналогии является создание летательных аппаратов на основе наблюдений за полетом птиц. Изменения в данном случае состояли в применении другого механизма для обеспечения горизонтальной скорости (воздушный винт или реактивный двигатель), поскольку попытки использовать машущий полет, характерный для птиц, не привели к успеху.

**Стратегия построения моделей с помощью смены ролей и приоритетов** (в частности, инверсии) может трактоваться как «взгляд с другой стороны». Например, применение воздушного винта для обеспечения горизонтальной скорости аэросаней и воздушных судов (дирижаблей и самолетов) можно рассматривать как применение стратегии смены ролей и приоритетов. В самом деле, первоначально воздушный винт применялся М.В. Ломоносовым в метеорологических приборах для измерения скорости ветра. В данном случае применена инверсия, состоящая в том, чтобы вместо преобразования энергии ветра в кинетическую энергию вращающегося винта осуществлять обратное преобразование – кинетической энергии вращающегося винта в кинетическую энергию ветра. В математике примером применения стратегии смены ролей и приоритетов является доказательство от противного. В процессе написания компьютерной программы, проектирования рабочего места или инструмента разработчик должен периодически представлять себя пользователем программы или работником, использующим данное рабочее место или инструмент. Таким образом, программист или проектировщик должен периодически менять роль (хотя бы мысленно). Лампочка накаливания имеет малый коэффициент полезного действия, но если использовать ее в качестве нагревательного прибора (например, для обогрева аквариума), то в новой роли она может оказаться весьма эффективным прибором.

**Стратегия итерационно-аппроксимационного построения модели** обычно применяется в ситуации, когда уже имеется некоторая модель, уровень адекватности которой пока недостаточен, но есть перспектива получения требуемой модели путем последовательных улучшений с помощью типовых преобразований, правила выбора которых известны исполнителю. Например, в процессе создания картины

или скульптуры художник или скульптор шаг за шагом создают произведение искусства, но для художника итерация заключается в добавлении каких-либо деталей, а для скульптора, наоборот, в отсечении. Другим примером является построение объекта «сверху вниз», с помощью постепенного уточнения деталей, например, замены «черных ящиков» на реальные устройства или их модели. Как применение итерационно-аппроксимационного построения модели можно рассматривать постепенную модернизацию, например, модернизацию поршневых истребителей, проводившуюся во время Второй мировой войны, путем постепенного усиления вооружения, установки все более мощных двигателей, улучшения аэродинамики, применения материалов с более высокими характеристиками. В программировании примером является генетический алгоритм оптимизации, когда из начального случайного приближения получают все более и более хорошее решение с применением принципов, основанных на идеях эволюции (мутация, скрещивание). Похожим образом работает алгоритм локального поиска.

**Утверждение о стратегии рутинного моделирования.** Применение стратегии построения модели, проводимое в условиях выполнения постулата цели моделирования, постулата изменений модели, постулата алгебраичности, постулата полимодельности и постулата структуры модели (т.е. без использования инсайта), можно представить в виде комбинации применения стратегии алгебраического построения модели и стратегии смены компонентов модели, причем применение последней можно представить в виде комбинации применения стратегии построения модели по аналогии, стратегии построения модели с помощью смены ролей и приоритетов и стратегии итерационно-аппроксимационного построения модели.

**Обоснование.** Согласно постулату цели моделирования целью применения рассматриваемой стратегии является построение модели. Согласно постулату алгебраичности это означает представление требуемой модели в виде результата применения «операций» «алгебры моделей» к известным типовым моделям. Следовательно, *рутинное построение новой модели может быть осуществлено только на основе алгебраического подхода*, т.е., во-первых, системы типовых базовых моделей, во-вторых, системы типовых преобразований моделей

## Источники

1. Мельников Ю.Б., Поторочина К.С. Алгебраический подход к математическому моделированию и обучению математической и «предматематической» деятельности // Ярославский педагогический вестник. 2010. №3: Физико-математические и естественные науки. С. 19–24.
2. Мельников Ю.Б. Алгебраический подход к созданию учебных презентаций по математике // Образование и наука. 2011. № 5(84). С. 129–141.
3. Тестов В.А. Стратегия обучения в современных условиях // Педагогика. 2005. № 7. С. 12–18.
4. Шкабура О.В. Формирование у учащихся обобщенной стратегии решения задач в процессе изучения основ информационного моделирования в базовом курсе математики: дис. ... канд. пед. наук. Омск: Омск. гос. пед. ун-т, 2000.
5. Штофф В.А. Моделирование и философия. М.-Л.: Наука, 1966.
6. Peierls R. Model-Making in Physics // Contemp. Phys. January/February 1980, vol. 21, pp. 3–17.

## References

1. Melnikov Yu.B., Potorochina K.S. Algebraic approach to mathematical modelling and teaching mathematical and “pre-mathematical” activity. [Algebraicheskiy podkhod k matematicheskomu modelirovaniyu i obucheniyu matematicheskoy i «predmatematicheskoy» deyatelnosti]. *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik – Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 2010, no. 3: Physics and mathematics and natural sciences, pp. 19–24.
2. Melnikov Yu.B. Algebraic approach to creating educational presentations on mathematics. [Algebraicheskiy podkhod k sozdaniyu uchebnykh prezentatsiy po matematike]. *Obrazovanie i nauka – Education and Science*, 2011, no. 5(84), pp. 129–141.
3. Testov V.A. Training strategy in modern conditions. [Strategiya obucheniya v sovremennykh usloviyakh]. *Pedagogika – Pedagogy*, 2005, no. 7, pp. 12–18.
4. Shkabura O.V. Building a generalized strategy of completing tasks among students when studying the fundamentals of informational modelling in basic mathematics course. Cand. Diss. (Pedagogy). [Formirovanie u uchashchikhsya obobshchennoy strategii resheniya zadach v protsesse izucheniya osnov informatsionnogo modelirovaniya v bazovom kurse matematiki]. Diss. kand. ped. nauk]. Omsk, Omsk. gos. ped. un-t, 2000.
5. Shtoff V.A. Modelling and philosophy. [Modelirovaniye i filosofiya]. Moscow-S.-Petersburg, Nauka Publ., 1966.
6. Peierls R. Model-Making in Physics. *Contemp. Phys.* January/February 1980, vol. 21, pp. 3–17.

Таблица 3 – Базовые стратегии рутинного моделирования

Стратегия алгебраического построения модели	Стратегии смены компонентов модели
Предполагается, что для данного класса объектов имеется полный набор базисных элементов, типовых преобразований и известен механизм аппроксимирования	Стратегия построения модели по аналогии
	Стратегия построения модели с помощью смены ролей и приоритетов (в частности, инверсии)
	Стратегия итерационно-аппроксимационного построения модели

и типовых вариантов комбинирования, в-третьих, аппарата аппроксимирования. Таким образом, стратегия построения модели включает в себя: I – стратегию выбора системы типовых моделей; II – стратегию выбора системы типовых преобразований и комбинирований типовых моделей; III – стратегию аппроксимирования.

При рутинном моделировании применение стратегий I–II, согласно *постулату изменений модели*, сводится к применению полных целевых моделей деятельности (ЦМД). Таким образом, *при рутинном моделировании неполной может быть только ЦМД из стратегии аппроксимирования*.

Пусть ЦМД из стратегии аппроксимирования является неполной. Если мы не можем изменить цели или характеристики адекватности, то 1) либо у нас имеются модели с перспективой их преобразования в модель требуемого уровня адекватности; 2) либо такой модели ин-

тересующего нас объекта не существует. Стратегию преобразования перспективных моделей в требуемую модель, применяемую в случае 1, мы назвали стратегией итерационно-аппроксимационного построения модели. Ее применение может приводить либо к снижению уровня абстрактности (например, уточнения значений параметров или повышения корректности определения компонентов модели), либо к повышению уровня абстрактности.

В случае 2 в силу постулата полимодельности и постулата изменений модели применяем стратегию модели по аналогии, поскольку рутинность моделирования при этом может означать лишь то, что у нас имеется модель другого объекта с перспективой ее преобразования в требуемую модель с помощью, в первую очередь, изменения интерфейсного компонента.

Рассматриваемую систему стратегий мы представили в табл. 3. ■