

**Кощанова Г.Р.** к.п.н., доцент,  
Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова,  
г. Актау, Казахстан [koshanova.k@mail.ru](mailto:koshanova.k@mail.ru)

## КОНСТРУИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭКОНОМИКИ КАК СРЕДСТВО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ

Конструирование моделей в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало все новые области научных знаний: техническое конструирование, строительство и архитектуру, астрономию, физику, химию, биологию и, наконец, общественные науки. Большие успехи и признание практически во всех отраслях современной науки принес этому методу XX век. Однако, методология моделирования долгое время развивалась отдельными науками независимо друг от друга. Отсутствовала единая система понятий, единая терминология. Лишь постепенно стала осознаваться роль моделирования как универсального метода научного познания.

Люди издавна использовали конструирование моделей как средство познания. Когда человек встречал что-то неизвестное, прежде всего, пытался сопоставить это неизвестное с уже известным ему. При сравнении неизвестного с известным, происходит перенос знания, известное выступает как модель неизвестного. Слово «модель» произошло от латинского слова «modus», которое означает образ, мера, способ. Первоначально оно использовалось для обозначения образца, или прообраза, или вещи, сходной в каком-то отношении с другой вещью. Именно это самое общее значение слова «модель», послужило основанием для того, чтобы использовать его в качестве научного термина в математических, естественных, технических и социальных науках.

Термин «модель» широко используется в различных сферах человеческой деятельности и имеет множество смысловых значений. Определения моделей мало отличаются друг от друга. Рассмотрим только такие «модели», которые являются инструментами получения знаний.

И. Б. Новик дает следующее определение понятия «модели». «Модель представляет собой форму связи старой теории с новой, форму предварительного объяснения новых явлений. Моделирование в самой общей форме может быть охарактеризовано как опосредствованное практическое или теоретическое исследование объекта, при котором непосредственно изучается не сам интересующий нас объект, а некоторая вспомогательная искусственная или естественная система:

- а) находящаяся в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом;
- б) способная замещать его в определенных отношениях;
- в) дающая при его исследовании в конечном счете информацию о самом моделирующем объекте» [1, 335 с.].

В. В. Давыдов рассматривает моделирование как способ идеализации в науке. Модель есть результат замещения предмета исследования другим, более простым. Однако модели не простые заместители объектов. Как отмечает В. В. Давыдов: «Модели - это форма научной абстракции особого рода, в которой выделенные существенные отношения объекта закреплены в наглядно воспринимаемых и представляемых связях и отношениях вещественных или знаковых элементов. Это своеобразное единство единичного и общего, при котором на первый план выдвинуты моменты общего, существенного характера» [2, 217 с.]. Отношения между оригиналом и моделью основываются на отношениях изоморфизма.

Рассмотрение модели как аналога объекта в конкретном интервале времени, хотя и не открывает принципиально нового, но выделяет еще одно измерение - время. Шумилин А. Т. и Креминский А. И. [3, с. 47-61]. выделяют следующие классы моделей:

- 1) модели, отражающие и воспроизводящие существующие в настоящем объекте;
  - модели-реконструкции существовавших в прошлом вещей;
  - модели-прообразы, модели-проекты вещей будущего [8]

2) в зависимости от природы модели и тех сторон объекта, которые в ней воплощаются, различают модели физические, математические. В этом смысле моделирование есть процесс создание модели [8].

Для уточнения понятия модель возможно применение метода обобщения. С помощью этого метода было выделено три главных признака модели:

1. Модель всегда модель чего-то, представитель естественных или искусственных «оригиналов», которые сами в свою очередь могут быть моделью. Поскольку как оригинал, так и модель всегда системы, дается определение системы, как упорядоченного в определенном отношении целого или множества, которое характеризуется указанием на его элементы и их свойства, а так же существующие между этими элементами и свойствами отношения;
2. Модели охватывают не все свойства оригинала, а только те, которые существенны для того, кто принимает модель;
3. Модели однозначно соответствуют оригиналу, это соответствие устанавливается для определенных субъектов внутри определенных промежутков времени.

В. А. Штофф дает определение, которое можно оценивать как наиболее распространенное: «Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте» [4, 301 с.].

Множество окружающих нас предметов и явлений обладают наличием различных свойств. Такое представление, выраженное, в той либо иной форме называется моделью, т.е. под моделью мы понимаем любую другую систему, обладающую той же формальной структурой при условии, если:

- между системными характеристиками модели и оригинала существует соответствие;
- модель более проста и доступна для изучения и исследования основных свойств объекта-оригинала.

Математические модели экономических процессов и явлений более кратко можно назвать экономико-математическими моделями.

По целевому назначению экономико-математические модели делятся на теоретико-аналитические, используемые в исследованиях общих свойств и закономерностей экономических процессов, и прикладные, применяемые в решении конкретных экономических.

Остановимся более подробно на характеристике таких классов экономико-математических моделей, с которыми связаны наибольшие особенности методологии и техники конструирования. В соответствии с общей типологией математических моделей они подразделяются на функциональные и структурные, а также включают промежуточные формы (структурно-функциональные).

В исследованиях чаще применяются структурные модели, поскольку для планирования и управления большое значение имеют взаимосвязи подсистем. Типичными структурными моделями являются модели межотраслевых связей.

Функциональные модели широко применяются в экономическом регулировании, когда на поведение объекта («выход») воздействуют путем изменения «входа». Примером может служить модель поведения потребителей в условиях товарно-денежных отношений. Один и тот же объект может описываться одновременно и структурой, и функциональной моделью.

По своему назначению модели могут быть дескриптивными и нормативными. Дескриптивные модели отвечают на вопрос «как это происходит?» или «как это вероятнее всего может дальше развиваться?», т.е. они только объясняют наблюдаемые факты или дают вероятный прогноз. Нормативные модели отвечают на вопрос «как это должно быть?», т.е. предполагают целенаправленную деятельность. Типичным примером нормативных моделей являются модели оптимального планирования, формализующие тем или иным способом цели экономического развития, возможности и средства их достижения.

Примерами дескриптивных моделей являются производственные функции и функции покупательского спроса, построенные на основе обработки статистических данных.

По характеру отражения причинно-следственных связей различают модели жестко детерминистские и модели, учитывающие случайность и неопределенность. Необходимо различать неопределенность, описываемую вероятностными законами, и неопределенность, для описания которой законы теории вероятностей неприменимы. Второй тип неопределенности гораздо более сложен для конструирования моделей.

По способам отражения фактора времени экономико-математические модели делятся на статические и динамические. В статических моделях все зависимости относятся к одному моменту или периоду времени.

Динамические модели характеризуют изменения экономических процессов во времени. По длительности рассматриваемого периода времени различаются модели краткосрочного (до года), среднесрочного (до 5 лет), долгосрочного (10-15 и более лет) прогнозирования и планирования.

На основе анализ литературы дадим следующее рабочее определение модели: Под моделью мы понимаем такую материальную систему, которая, отображая и воспроизводя объект исследований, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте.

Любая модель есть объект-заменитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала. Замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели можно назвать моделированием, т.е. моделирование - это представление объекта моделью для получения информации об объекте путем проведения эксперимента с его заменителем, т.е. моделью.

**Моделирование** - метод исследования объектов на их моделях, изучение моделей реально существующих предметов и явлений (органических и неорганических систем, инженерных устройств, разнообразных процессов - физических, химических, экономических, социальных, биологических) и конструируемых объектов. Форма моделирования зависит от используемых моделей и сферы их применения. По характеру моделей выделяют предметное и знаковое моделирование. Важнейшим видом знакового моделирования является математическое моделирование.

Моделирование в обучении имеет два аспекта: моделирование как содержание, которое учащиеся должны усвоить, и моделирование как учебное действие, средство обучения. С помощью моделирования удастся свести изучение сложного к простому, невидимого и неосязаемого к видимому и осязаемому, незнакомого к знакомому. Необходимость использования метода моделирования определяется тем, что многие объекты (или проблемы, относящиеся к этим объектам) непосредственно исследовать или вовсе невозможно, или же это исследование требует много времени и средств.

**Конструирование** (от лат. *construo* - строю, создаю), процесс создания модели, машины, сооружения, технологии с выполнением проектов и расчетов. Различают конструирование умственное (система мыслительных операций), графическое (выполнение эскизов, схем и пр.), предметно-манипулятивное (моделирование или постройка опытного образца устройства практического назначения). Все виды конструирования взаимосвязаны.

**Конструирование в процессе обучения** - это целенаправленный процесс совместной познавательной деятельности учителя и учащихся, направленный на углубление и расширение экономико-математических знаний и умений, применение этих знаний на практике, развитие их творческих способностей, исследовательских интересов и склонностей.

Под конструированием понимается процесс построения, изучения и применения моделей. Оно тесно связано с такими категориями, как абстракция, аналогия, гипотеза и др. Этот процесс (конструирования) обязательно включает и построение абстракций, и умозаключения по аналогии, и конструирование научных гипотез. Главная особенность конструирования моделей в том, что это метод опосредованного познания с помощью объектов-заместителей. Модель выступает как своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект. Именно эта особенность метода моделирования определяет специфические формы использования абстракций, аналогий, гипотез, других категорий и методов познания.

Понятие проектирование происходит от латинского *projectus*- «брошенный вперед». Проектирование - особый вид «строительства будущего», сущность которого заключается в осмыслении и практическом применении того, что может быть и должно быть.

Разработка проблем, связанных с конструированием моделей, привела нас к необходимости анализа категориальных пар «конструирование и моделирование», «конструирование и проектирование», «моделирование и проектирование» и «конструирование и учебная деятельность» и т.д. Охарактеризуем некоторые из них.

Конструирование и моделирование. Как уже указывалось ранее, моделирование - это научный метод научного познания, исследования объектов, процессов путем создания их моделей. Т.е. моделирование - это создание образа. Конструирование же является процессом, при котором созданный образ строится, математически рассчитывается, изучается, анализируется и применяется на практике.

Конструирование и проектирование. Результаты анализа практики указывают на то, что между проектированием и конструированием существует весьма условное различие, которое имеет относительный характер. Конструирование - это создание на основе проекта реальных систем.

Моделирование и проектирование. В нашем исследовании моделирование используется для создания траекторий движения к проекту, для получения новой информации об изучаемой системе и т.п. Итак, моделирование - метод исследования и изучения деятельности по построению моделей, т.е. упрощенных описаний реальности или точных описаний воображаемого простого проектирования. Ясно, что моделирование является только частью проектирования, хотя и крайне важной. Проектирование в узком смысле, подразумевающее выработку идеальной модели новой системы часто принимается как синоним моделирования.

Таким образом, анализируя проблему конструирования моделей, мы вычленили следующие основные категории, с которыми в рамках данной работы будем в дальнейшем оперировать - это «модель», «моделирование», «конструирование».

Структура процесса конструирования моделей включает три элемента:

субъект (исследователь),

объект исследования,

модель, опосредствующую отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Таким образом, учебными будем считать модели, которые строятся в процессе изучения основ наук учащимися и служат одновременно и целью изучения и средством формирования математического мышления учащихся.

Выделим два основных вида учебных моделей:

- модели объектов изучения;

- модели способов изучения.

Целью учебного моделирования объектов изучения является: выявление и фиксация в наглядно-действенной форме научно-теоретической сущности изучаемых объектов; выявление и фиксация существенных особенностей и отношений изучаемых явлений. Целью учебного моделирования способа изучения является: выявление и фиксация общей схемы используемых действий; наглядное изображение умственных действий по решению учебной задачи.

Понятие «задача» рассматривается во многих науках: в кибернетике задача - это ситуация, определяющая действия некоторой решающей системы (В. М. Глушков); в психологии задача - это ситуация, требующая от субъекта некоторого действия (А. Н. Леонтьев), это цель, данная в определенных условиях (О. К. Тихомиров), «задача-объект мыслительной деятельности, содержащий требование некоторого практического преобразования или ответа на теоретический вопрос посредством поиска условий, позволяющих раскрыть связи (отношения) между известными и неизвестными ее элементами» (Л. Л. Гурова).

Анализируя психологическую, педагогическую и методическую литературу можно выделить такие основные типы определения задачи:

- задача как объект, относящийся к категории цели действий субъекта, требование, поставленное перед субъектом;

- задача как ситуация, включающая цель и условия ее достижения;

- задача как словесная формулировка такой ситуации.

Первые два типа характеризуются подходом к задаче как к системе. В общем виде, задача - это система, обязательными компонентами которой являются:

предмет задачи, находящийся в исходном состоянии;

модель требуемого состояния предмета задачи (А.Т.Балл).

К определению математической задачи также существуют различные подходы, мы же выделим следующие основные типы понятия математическая задача:

- задача, все объекты которой являются математическими (числа, фигуры, функции, графики и т.д.);

- задача, объекты которой могут быть описаны в математических терминах (возможно построение математической модели), а решение может быть найдено с помощью математических средств.

В рамках исследования мы будем придерживаться общего определения задачи как некоторой цели в сочетании со средствами ее достижения, а под математической задачей мы будем понимать знаковую модель заданной проблемной ситуации, которая допускает перевод ее условия на математический язык (создание математической модели) и получение ответа на вопрос задачи (решение) с помощью математических средств.

Из всего многообразия видов задач связь математики и экономики в большей степени проявляется при решении разных типов задач с практическим содержанием или прикладных задач. Прикладная задача - это задача, поставленная вне математики, но решаемая математическими методами и средствами.

Решить задачу - это значит, в процессе последовательного конструирования моделей, выявить те элементы структуры задачи, которые заданы неявно в исходной модели, и представить их на языке, адекватном способу решения задачи.

Рассмотрим вполне естественную ситуацию - решение задачи. В самом общем виде всякая процедура решения подразумевает сформулированное заранее условие и определенную цель: например, нахождение неизвестной величины или доказательство утверждения.

Что представляет собой условие? Это набор фактов и объектов (утверждений или графических конструкций), которые не всегда имеют друг с другом очевидную связь. Непосредственно представленный в условии набор может быть и не велик, однако он необходимо дополняется фактами иного рода: решая задачу, мы подходим к ней с позиции некоторого математического знания, присовокупляя к условию еще и множество иных утверждений, ранее известных нам математических результатов: аксиом, определений, теорем и пр.

Заметим, что границы этой совокупности фактов весьма нечетки - ведь нам далеко не всегда известно заранее, какие знания потребуются для решения задачи. Чтобы решить задачу, нам нужно выстроить всю эту совокупность фактов в нечто целое, в связную конструкцию.

Решение, следовательно, есть **конструирование**, осуществляемое по определенным правилам и приводящее к определенному результату.

В нашем конструировании явно различимы два момента.

Во-первых, мы строим, сообразуясь с правилами, во-вторых, каждое правило имеет доступный восприятию пространственный коррелят. Так, каждый факт, используемый нами при решении, есть общее правило, сообразно которому мы совершаем очередное конструктивное действие. Но это действие состоит в достраивании уже имеющейся конструкции еще одним конструктивным элементом, конфигурируемым в пространстве объектом. Однако для полного описания процедуры решения задачи недостаточно категорий правила и конструкции (общего понятия и единичного объекта). В определенной ситуации, так или иначе возникающей в ходе решения, проявляется нечто третье, как бы опосредующее эти два термина. Этот «средний термин» необходим, прежде всего, для установления момента целесообразности в наших действиях.

Совершая очередной конструктивный шаг, сообразованный с каким-либо общим правилом, мы должны уже как-то представлять всю конструкцию в целом. Нам нужно видеть место этого шага во всей процедуре решения, т.е. осознавать для чего он предпринимается. Такого рода осознание может и не сопровождать нас на протяжении всего хода конструирования, но возникать лишь в отдельный момент. Наиболее ярок этот момент тогда, когда после тяжелых попыток решить трудную задачу нас вдруг осеняет удачная мысль, нам становится ясен нужный шаг, заведомо ведущий к цели. Именно после такой догадки все последующие действия становятся целесообразными. Что открывается нам, когда у нас возникает догадка? Конструкцию, которую нам нужно представить целиком, мы видеть не можем, поскольку ее еще нет. Причем нет ее не только на бумаге, но и в воображении - последнее ясно хотя бы из того, что всякая сложная конструкция даже в воображении должна быть также построена в результате последовательности мысленно производимых шагов. Неверно также было бы говорить, что нам открывается правило конструирования.

Вся конструкция описывается не одним правилом, а последовательностью правил и эта последовательность также не присутствует вся целиком до тех пор, пока конструирование не завершено. Совершаемое при решении задачи конструирование есть последовательность шагов, каждый из которых коррелятивен определенному правилу. Делая очередной шаг, мы актуализируем лишь частный элемент построения, а потому в каждый момент для нас существует лишь «вот эта» часть конструкции.

В этот момент с нами происходит событие, которое может быть названо открытием.

Следовательно, их создание (конструирование) также предполагало некоторую структуру (схему), которая имеет прямое отношение к той (более общей), которую нам предстоит раскрыть. Но нам они предстают не в структурированном виде, поскольку в момент их предъявления мы не располагаем вовсе никакой структурой (поскольку структурой вообще нельзя располагать). Значит, несмотря на предъявленность готовых конструкций, мы должны сконструировать их заново и прежде открытия общей структуры, дающей решение, раскрыть ряд частных структур. Но открытие приводит и к конструированию решения, т.е. к созданию нового следа. Это обстоятельство отчасти раскрывает природу знания. Решив однажды задачу и оставив след решения на бумаге, мы обращаемся к нему снова, «одухотворяя» этот след, превращая его в конструкцию. След можно назвать фиксированным знанием, дающим возможность вновь раскрыть структуру. Итак, мы выделили два вида событий - открытие и узнавание - и установили, что различие между ними можно охарактеризовать как «количественное».

Решение задачи (даже довольно простой) всегда требует предварительных знаний (аксиом, постулатов, формул, утверждений). Все они должны быть включены в решение, как в единую дискурсивную конструкцию (в виде явных, а чаще неявных ссылок). Следовательно, предшествующая этой конструкции структура охватывает весьма разнородное многообразие, присутствующие в виде следа. Весь массив наличного знания, (т.е. все, что ранее было понятно, узнано, открыто) актуализируется и радикально перестраивается. Задача, которую решили, не составляет изолированной конструкции.

Ее решение оказывается лишь пристройкой к корпусу знания, но все это знание актуализируется в событии, т.е. производится заново, схватывается полностью в единой структуре. Новое решение не должно противоречить ничему прежнему.

Всякое конструирование начинается со структурирования следа. Созерцание, как структурирование следа и обращение его в конструкцию, оказывается также и пониманием. Решая задачу, мы обращаемся к текстам, к следам, в которых пытаемся найти конструкции (теоремы, формулы, доказательства и т.д.), т.е. пытаемся их понять.

«Использование современного математического языка, его символики позволяет решать задачи в большой общности. Осваивая этот язык, ученики учатся обобщать, учатся видеть за одной моделью разные явления» [5, с. 48-54].

Проанализируем последовательность и содержание этапов конструирования экономико-математических моделей.

**1. Постановка экономической проблемы и ее качественный анализ.** Главное здесь - четко сформулировать сущность проблемы, принимаемые допущения и те вопросы, на которые требуется получить ответы. Этот этап включает выделение важнейших черт и свойств моделируемого объекта и основных зависимостей, связывающих его элементы; формулирование гипотез (хотя бы предварительных), объясняющих поведение и развитие объекта.

**2. Подготовка исходной информации.** Моделирование предъявляет жесткие требования к системе информации. В то же время реальные возможности получения информации ограничивают выбор моделей, предназначенных для практического использования.

**3. Построение математической модели.** Это-этап формализации экономической проблемы, выражения ее в виде конкретных математических зависимостей и отношений. Обычно сначала определяется основная конструкция (тип) математической модели, а затем уточняются детали этой конструкции (конкретный перечень переменных и параметров, форма связей).

**4. Математический анализ модели.** Целью этого этапа является выяснение общих свойств модели. Здесь применяются чисто математические приемы исследования. Наиболее важный момент - доказательство существования решений в сформулированной модели (теорема существования).

**5. Численное решение.** Этот этап включает разработку алгоритмов для численного решения задачи и непосредственное проведение расчетов. Трудности этого этапа обусловлены, прежде всего, большой размерностью экономических задач, необходимостью обработки значительных массивов информации.

**6. Анализ численных результатов и их применение.** На этом заключительном этапе цикла встает вопрос о правильности и полноте результатов моделирования, о степени практической применимости последних.

Математические методы проверки могут выявлять некорректные построения модели и тем самым сужать класс потенциально правильных моделей. Неформальный анализ теоретических выводов и численных результатов, получаемых посредством модели, сопоставление их с имеющимися знаниями и фактами действительности также позволяют обнаруживать недостатки постановки экономической задачи, сконструированной математической модели, ее информационного и математического обеспечения.

Обратим внимание на возвратные связи этапов, возникающие вследствие того, что в процессе исследования обнаруживаются недостатки предшествующих этапов моделирования.

Часто необходимость возврата к предшествующим этапам моделирования возникает при подготовке исходной информации (этап 2). Может обнаружиться, что необходимая информация отсутствует или же затраты на ее подготовку слишком велики. Тогда приходится возвращаться к постановке задачи и ее формализации, изменяя их так, чтобы приспособиться к имеющейся информации.

Уже на этапе построения модели (этап 3) может выясниться, что постановка задачи противоречива или приводит к слишком сложной математической модели. В соответствии с этим исходная постановка задачи корректируется.

Далее математический анализ модели (этап 4) может показать, что небольшая модификация постановки задачи или ее формализации дает интересный аналитический результат.

Недостатки, которые не удается исправить на промежуточных этапах моделирования, устраняются в последующих циклах. Но результаты каждого цикла имеют и вполне самостоятельное значение. Начав исследование с построения простой модели, можно быстро получить полезные результаты, а затем перейти к созданию более совершенной модели, дополняемой новыми условиями, включающей уточненные математические зависимости.

По мере развития и усложнения экономико-математического моделирования его отдельные этапы обособляются в специализированные области исследований, усиливаются различия между теоретико-аналитическими и прикладными моделями, происходит дифференциация моделей по уровням абстракции и идеализации.

Теория математического анализа моделей экономики развилась в особую ветвь современной математики - математическую экономику. Модели, изучаемые в рамках математической экономики, теряют непосредственную связь с экономической реальностью; они имеют дело с исключительно идеализированными экономическими объектами и ситуациями. При построении таких моделей главным принципом является не столько приближение к реальности, сколько получение возможно большего числа аналитических результатов посредством математических доказательств. Ценность этих моделей для экономической теории и практики состоит в том, что они служат теоретической базой для моделей прикладного типа.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Новик И. Б. О моделировании сложных систем- М.: Мысль, 1975 - 335 с.
2. Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении – М.: Педагогика, 1986 – 217 с.

3. Шумулин А. П., Креминский А. И. Модель как аналог объекта в конкретном интервале времени / Семинар по проблемам методологии и теории творчества – Симферополь, 1984 – с. 47-61.
4. Штоф В. А. Моделирование и философия. – М. -Л.: Наука, 1966-301 с.
5. Современные психолого-педагогические проблемы высшей школы / Под ред. Кузьминой Н. В. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985 – 119 с.

**Кузьмич П.М.** к.т.н. доцент, **Махнист Л.П.** к.т.н. доцент  
Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Республика Беларусь  
[pmkuzmich@tut.by](mailto:pmkuzmich@tut.by)

## КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ВРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Важной составляющей инвестиционного проектирования является календарное планирование реализации проектов. Известные подходы основанные на дискретном задании продолжительностей процедур (работ) в некоторой степени снижают привлекательность календарных планов. Очевидно, что в процессе реализации инвестиционных проектов на сроки выполнения отдельных процедур (работ), их продолжительность оказывают влияние всевозможные дестабилизирующие факторы. Срыв же этих сроков приводит к тому, что календарных план теряет свой смысл. Требуется его корректировка, изменение сроков выполнения работ, загрузки машин и механизмов, использования рабочей силы. Вместе с тем следует признать, что полное совпадение действительных продолжительностей и сроков выполнения работ с заложенными в календарном плане является скорее редчайшей случайностью, чем признаком «высококачественного» планирования.

В известном методе PERT используются три длительности работ: оптимистическая, пессимистическая и наиболее ожидаемая. Предполагается, что для целей календарного планирования они известны (заданы заранее). Но это в ряде случаев требует привлечения экспертов или сбора статистической информации, что не всегда выполнимо. Более доступным является метод, изложенный в [1]. Автор предлагает учитывать влияние на продолжительность работ многочисленных дестабилизирующих факторов посредством использования вероятностных оценок продолжительности выполнения работ. Для этих целей в зависимости от организационного уровня исполнителей (высокий, средний, низкий) установлены законы распределения продолжительности работ: нормальный для исполнителей высокого уровня, усеченный нормальный для исполнителей среднего уровня и равномерного распределения для исполнителей низкого организационного уровня.

Установлено, что для исполнителей высокого организационного уровня продолжительность работ находится в пределах от  $0,5t$  до  $1,5t$  с математическим ожиданием  $1,0t$ . Далее в работе рассчитываются равновероятностные значения  $t$  центров тяжести равных площадей  $0,0833\Phi_0$ :  $0,5t$ ;  $0,698t$ ;  $0,789$ ;  $0,857t$ ;  $0,917t$ ;  $0,971t$ ;  $1,029$ ;  $1,083t$ ;  $1,143t$ ;  $1,211t$ ;  $1,302t$ ;  $1,5t$ .

При таком подходе конечных результат зависит лишь от организационного уровня исполнителей и исключается влияние случайных факторов на продолжительность работ которые могут иметь место в не зависимости от организационного уровня исполнителей.

В связи с чем предлагается:

- в качестве математического ожидания продолжительности работы принимать ее значение, определенное традиционным способом;
- сроки свершения событий назначаем исходя из предположения, что они также находятся в диапазоне  $0,5T^c - 1,5T^c$ , полагая, что события не обязательно являются результатом окончания одной или нескольких работ и мгновенного начала последующих работ, а подчиняются тем же закономерностям, что и работы и так же могут оказаться под влиянием случайных факторов.
- при помощи функции возвращения обратного нормального распределения, указав среднее и стандартное отклонение, находить значения на границах равных площадей. В качестве таковой в данной работе используется статистическая функция Microsoft Excel НОРМОБР в формате НОРМОБР (вероятность; среднее; стандартное\_откл);
- используя генератор случайного числа, в каждом из диапазонов выбирается произвольное значение  $t$ . Для этих целей в настоящей работе использована функция Microsoft Excel СЛЧИС в формате  $(T_{\max} - T_{\min}) * \text{СЛЧИС}() + T_{\min}$ . В качестве  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$  берем большее и меньшее значения продолжительностей (сроков свершения событий) на границах диапазонов.

При расчете сроков свершения каждого последующего события принималось максимальное из значений: сроков свершения предшествующих событий или сумм сроков наступления предшествующих событий и продолжительностей входящих в данное событие работ, или продолжительностей выходящих из первого события работ, т.е.

$$T_n = \max\{T_{n-1}, t_{1,n}; (T_{n-1} + t_{n-1,n})\} \quad (1)$$

В данной работе исследуется несколько вариантов построенных на вышеизложенном методе.

Изначально исходим из того, что продолжительность работ находится в пределах  $0,5t$  до  $1,5t$  (т.е. исполнители этих работ имеют высокий организационный уровень)