

### **Результаты и эффекты знакового опосредствования введения понятия функции**

Культурно-историческая теория Л.С. Выготского полагает развитие как взаимодействие реальной и идеальной формы, где знаковое опосредствование - ключевой механизм этого взаимодействия. Следуя логике положений теории и полагая их в пространство педагогики развития, уровень опосредствования, демонстрируемый учащимся и будет его образовательно-результативной характеристикой. А образовательным эффектом самого акта знакового опосредствования можно считать способность ребенка не только открывать, но и воссоздавать знак - строить значение знака.

В теории Л.С. Выготского знак есть средство перехода от естественного, импульсивного и произвольного поведения к осмысленному управлению им. Акцент культурно-исторической теории сделан на преодолении наличных, натуральных форм поведения, превращение их в культурные формы, а само знаковое опосредствование строится как постепенный переход от внешней деятельности к «стадии внутренних знаков» (Выготский, 1982-84). П.Я. Гальперин, развивавший идею знакового опосредствования в теории поэтапного формирования умственных действий, предметное действие полагал первичной формой деятельности (Гальперин, 1998).

По мнению П.Г. Нежнова в данных концепциях не явлено собственное спонтанное действие ребенка, которое и должно стать основой для выращивания, а не навязывания, культурной формы (Нежнов, 2005). Б.Д. Эльконин считает, что выразителем этой спонтанной формы в первую очередь является чувство себя, которое и требует для себя знакового опосредствования. «Самочувствие - первичная форма самоопределения и идентичности, чувство себя – это первичная потребность, которая является функцией определенного типа усилий ...» (Эльконин, 2006). Выстраивая педагогику с опорой на эти положения, учащийся может прочувствовать и оценить собственные результаты развития.

Знаковое опосредствование в развивающем обучении (система Д.Б. Элькониной – В.В. Давыдова) выступает как моделирование, где модели – это особый тип знаковых средств. В модели отображается строение научного понятия, и она является средством воссоздания существенных отношений изучаемого или преобразуемого объекта.

В статье описывается поисковый эксперимент, где в новом контексте ставится вопрос о том, что такое знаковое опосредствование, а замысел эксперимента связан с новым пониманием того, как вводится знак - система координат. Система координат, понимаемая как модель-знак, удерживает связность изменений двух параметров, представленных функцией.

Введение системы координат как модели процессов изменений требует иного построения акта знакового опосредствования, когда основанием в

построении понятия функции и его модельно-знаковой формы (системы координат) становится работа с интенсивностью изменения.

Данный эксперимент – это попытка построить моделирование на материале понятия функции, где знаком является система координат, в которой отображается связность изменений двух параметров.

**Цель** поискового эксперимента - представить и воссоздать условия открытия знака, когда дети либо открывают и строят знаковую форму, либо интуитивно понимают ее, т.е. различают параметры, экспериментируют с их связностью, дробят их или масштабируют. Таким образом, целью экспериментального исследования стало воссоздание того, как дети открывают и воссоздают смысл знака (системы координат) и строят его значение.

Открытие знака, отображающего изменения предполагает работу с самим *изменением*, а не лишь с состояниями изменяющейся вещи (параметра). Преобразование самого изменения, действие с ним возможно лишь в том случае, когда выделяется особое свойство изменения – его **интенсивность**. Интенсивность – это изменение, отнесенное к какой-либо единице (времени, расстояния, площади и т. п.). Лишь посредством представления интенсивности можно воспринять и помыслить линию, «трассу» изменения. И, следовательно, лишь посредством работы с интенсивностью, посредством ее преобразования можно управлять изменением.

Таким образом, главным в знаковом опосредствовании становится не просто отображение действия с чем-либо, а отображение меры действия – его «количества» в единицу времени или пространства. Поэтому первоначальная **гипотеза** об условиях открытия знака (значения системы координат) состоит в том, что условием построения системы координат является работа с интенсивностью изменения.

Необходимо выявить еще одно допущение, имплицитно содержащееся в представлении о функции и способе ее отображения (системе координат). Это допущение того типа ситуаций и той деятельностной установки, в которой функция и ее модель становятся необходимым средством ориентировки. Такова установка и ситуации *управления*. Соответственно, понятие функции и его модельно-знаковую форму надо вводить как ситуацию управления, т.е. как *управляющую модель* (Эльконин и др., 2002).

Управляющее моделирование необходимо для действий с преобразованиями, с изменениями. Для действий с вещами управление, и его специфические средства не нужны. Управляющее действие в отличие от предметно-преобразующего имеет другую предметность: его объектами являются процессы и преобразования.

Нас интересовал вопрос об изучении **способов опосредствования введения понятия функции с помощью управляющей модели**.

**Задачей** первой пробной экспериментальной серии стало построение такой последовательности заданий, которая привела бы ребенка к открытию интенсивности движения - скорости. Также важно было понять, приведет ли

ребенка открытие скорости к интуициям системы координат. Такими интуициями можно считать, например, попытки разбиения параметров движения – времени и расстояния – на единицы и догадки о том, как они связаны.

### Экспериментальное исследование

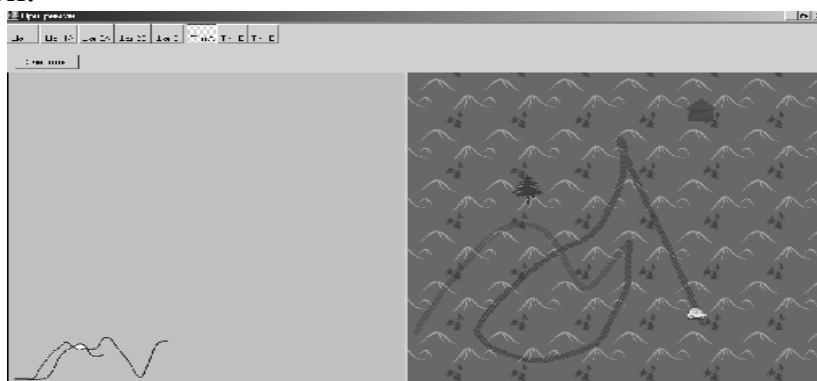
В основу экспериментальной методики 1-й серии эксперимента были положены следующие общие приемы:

1) модельное опосредствование; 2) обратимость знаковой операции; 3) опосредствование с помощью слов.

**Материалом** экспериментальной методики стало понятие скорости и графическое представление движения в виде функции.

Была разработана компьютерная модель, в которой движение (машинки) отображалось в виде кривой изменения скорости, однако оси координат были скрыты.

Компьютерная программа представлялась на дисплее компьютера так, что на одной половине экрана была расположена машинка и задано поле ее возможного движения в виде дороги (управление осуществлялось с помощью мышки), а на другой половине была отображена кривая изменений скорости движения этой машинки. При движении машинки на одной половине экрана оставался след от этого движения - траектория машинки, а на другой половине - некая кривая и испытуемому предстояло догадаться о том, что это кривая изменения скорости, а не траектория движения машинки. Для того чтобы правильно действовать, нужно было открыть значение этой кривой.



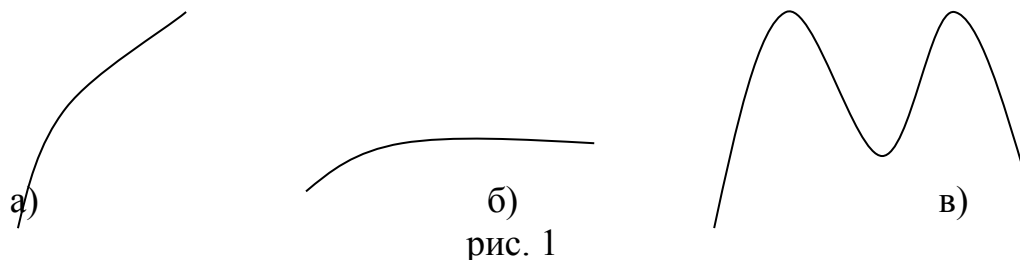
Компьютерная модель, представленная связностью двух планов, где изменение в одном плане приводит к закономерному преобразованию в другом, была задана как пространство *управления* движением машинки.

Первая экспериментальная серия состояла из трех шагов и включала три группы задач: 1) задачу, направленную на отображение скорости движения машинки; 2) на управление движением при уподоблении заданной кривой скорости; 3) обратную задачу, в которой требовалось регулировать движение, прорисовывая ту или иную кривую.

На **первом шаге** вводилось отображение движения машинки в виде кривой ее скорости.

Детям предлагалось пробовать водить машинкой и тогда на одной стороне экрана появлялась траектория движения машинки, а на другой кривая изменений ее скорости. Нужно было определенным образом экспериментировать, чтобы понять, что отображено на этих кривых.

Пробы движения машинки давали разного типа кривые, которые предлагалось обозначить «бессмысленными» словами. Экспериментатор предлагал кривую с высоким ускорением назвать словом «тор» (рис.1а), кривую с низким ускорением – словом «тэн» (рис.1б), кривую с чередованием высокого и низкого ускорений – словом «мэй» (рис.1в).



Также на этом шаге экспериментатор предлагал испытуемому задания, в которых пространство движения машинки было определенным образом размечено. Это делалось для того, чтобы «раздробить» движение и иметь возможность сравнивать скорости движения на разных участках траектории. Например, требовалось проехать несколько раз мимо елочки или домика и далее задавались вопросы о сравнении кривых (скорости) на этих участках траектории.

На **втором шаге** эксперимента моделировалась работа по управлению машинкой. В заданиях **этого шага** эксперимента необходимо было уподобить движение машинки заданной на экране кривой (скорости), т.е. надо было таким образом вести машинку, чтобы кривая ее скорости совпала (или максимально приблизилась по форме) с заданной кривой.

По нашему замыслу на данном этапе эксперимента испытуемый должен был различить линию траектории и кривую скорости. Уподобить движение машинки заданной кривой изменения ее скорости можно лишь не копируя в траектории движения внешнюю форму кривой скорости. Необходимо было преодолеть натуралистический перенос – непосредственное замещение кривой скорости траекторией. Предполагалось, что на этом этапе ребенок поймет, что формы предъявляемых ему на экране линий означают разное.

**Третий шаг** первой пробной экспериментальной серии включал задания, в которых необходимо было сначала «сделать» кривую скорости, нарисовать ее, и в ответ на это машинка ехала заданным (закодированным) кривой образом.

Экспериментатор просил нарисовать кривые «тор», «тэн» и «мэй», и посмотреть, как поедет машинка. Далее экспериментатор задавал вопрос о значении слов «тор», «тэн» и «мэй».

## Результаты экспериментального исследования

В эксперименте приняли участие 15 человек, из них по 5 человек из третьего, четвертого и шестого классов. Экспериментальная выборка этих возрастов обоснована тем, что необходимо было определить нижнюю границу, когда открытие знака затруднено и наиболее сенситивный возраст для введения знака – системы координат.

Неожиданным результатом было то, что только все 4-классники открыли значение «бессмысленных» слов, у 3-классников понимание было осложнено посторонними «сказочными» сюжетами, и только часть 6-классников (3 человека из 5) открыла значение отображения.

Леша (4 класс): а это график изменения скорости. Тор – быстро, тэн – медленно, мэй – по-разному

Настя (3 класс) может тут рельеф, а если посмотреть поближе. Может тут смотрится с космоса, а здесь как реально. В книжке было написано: на каждой дороге должна быть заправка. Я думаю, если бы это была карта, то на ней бы заправки были нарисованы.

Дима (6 класс): кривая – тор – едет подлиннее, а тэн – вверх и немного вниз. Просто кривые какие-то или прямые.

Также мы столкнулись с определенными формами **натуралистического** отношения к знаку, когда след от движения машинки отождествлялся с кривой изменения скорости. Например, в заданиях второго этапа эксперимента все испытуемые пытались прямо уподобить движение машинки заданной кривой скорости, строя форму пути машинки тождественную форме кривой скорости, и не понимая, что эта кривая не отображает след движения машинки.

Ира (6 класс): Вроде бы веду, как здесь нарисовано (указывает на заданную кривую скорости), а не получается!

Те же формы натурализма, отождествления следа машинки и кривой скорости, наблюдались и в выполнении заданий третьего этапа эксперимента, когда испытуемый сначала рисовал ту или иную кривую скорости, а потом смотрел, как поедет машинка.

Э.: а если «мэй» нарисуем, как ты думаешь, как машинка поедет?

Леша (6 класс): я думаю по кривой, вверх-вниз. Как нарисуем – так и поедет.

Только у 4-классников наблюдались феномены спонтанного и свободного экспериментирования. Эти дети, не ожидая реплик экспериментатора, экспериментировали с разного типа кривыми, возвращались к предыдущим заданиям в целях проверки собственных предположений. Они выделяли предмет собственного действия, опробовали действительность собственного мышления.

Результаты пробной экспериментальной серии позволяют нам говорить о том, что дети открывают скорость, представляя ее в свойствах движения машинки: быстро, медленно. Однако, предпосылок открытия системы координат – разбиения пути на отрезки и их сопоставления по скорости движения (времени прохождения) мы не наблюдали. По

результатам этой серии эксперимента *остался вопрос* об условиях построения знака, отображающего изменения интенсивности движения (скорости), т.е. об открытии и воссоздании системы координат, о переходе к свободному управляющему моделированию.

\* \* \*

Следующим шагом, **2-й серией** поискового эксперимента, стал перенос открытых значений кривых скорости на иной вид интенсивности, а именно на реальность собственного мышечного усилия. В качестве материала было взято растяжение эспандера и резинки. Управление усилием должно было стать предметом работы.

В дальнейшем, по нашему замыслу, предметом работы испытуемых должна стать внутренняя связь между отображением интенсивности собственного усилия и отображением интенсивности движения (скорости). Догадка об условиях сопоставления интенсивностей – о том, что сопоставление требует полагания единиц, в которых происходит изменение – должна привести испытуемых к интуиции системы координат.

Необходимо специально отметить, что работа с интенсивностью собственного усилия и работа с интенсивностью движения внешнего предмета – суть психологически разные реальности. По нашей гипотезе телесное чувство изменения своего усилия и внутреннее телесное уподобление кривой, отображающей это изменение, являются исходными, первичными основаниями дальнейших представлений об интенсивностях.

В экспериментальной группе были те же дети - 4-классники, которые открыли смысл отображения в результате первой экспериментальной серии. Во второй серии эксперимента работа детей шла в парах. Основанием для введения работы в парах послужило положение Л.С. Выготского о том, что инициативное освоение и преобразование знака происходит тогда, когда он используется детьми как средство обращения к другому человеку.

Дети работали вне компьютерной модели, а лишь имитировали ее, растягивая эспандер или резинку. Растяжение было представлено как процесс изменения длины резинки или эспандера, вызванный интенсивностью собственного усилия ребенка. Такое растяжение мы сочли сообразным интенсивности изменения движения (скорости).

Одному ребенку предлагалось нарисовать кривую предполагаемого им растяжения, например, кривую, которая в первой экспериментальной серии обозначала высокое ускорение - «тор» (использовались те же «бессмысленные» слова, что и в первой серии эксперимента). Другой ребенок растягивал эспандер или резинку, пытаясь уподобить свое растяжение заданной первым ребенком кривой. Экспериментатор после пробы растяжения одного ребенка задавал вопрос другому ребенку, задающему образец кривой, о том, так ли растянул его партнер, в соответствии ли с заданной кривой.

Предлагалась и обратная задача, когда один ребенок растягивал резинку, а другой пробовал нарисовать кривую увиденного им растяжения. И

опять же экспериментатор задавал вопрос ребенку, задающему образец растяжения, о том, отображает ли кривая то растяжение, которое он показал. Предполагалось, что вопросы экспериментатора о соответствии действия растяжения и кривой растяжения вызовут детей на поиск единиц такого сопоставления.

И действительно оказалось, что в этой экспериментальной серии дети начали дробить изменение на «участки», единицы. В ситуации, когда дети показывали по нарисованной кривой растяжение резинки, при этом, пытаясь добиться точности растяжения, у двух пар детей произошло открытие оси времени и его отношения к длине растяжения. Интуиция связи двух изменений возникла именно в этой ситуации.

Очень важным представляется и тот факт, что в этой серии у детей возникло *целостное* представление обо всем опыте (соотношении 1-й и 2-й серии) и целостное отношение к нему. Об этом свидетельствуют факты самостоятельного (без указаний экспериментатора) и систематического возвращения детей к работе с машинкой – компьютерной программе - и обратного перехода к работе с растяжением. Возвращения к компьютерной модели для детей имели целью подтверждение соответствия собственного действия – растяжения. Опираясь на эти факты, можно утверждать, что работа со скоростью выступила в функции *модели* работы с растяжением.

### Выводы

Результаты поискового эксперимента показали, что внутренне-телесное чувство динамики какого-либо процесса, вызванное в нашем эксперименте работой с интенсивностью собственного усилия, является существенным условием открытия способа построения знака изменений (системы координат). Можно предположить, что работа с интенсивностью собственного усилия является основанием и первым этапом в построении моделей процессов изменений – понятий о них.

Введение понятия функции посредством работы с интенсивностью собственного мышечного усилия основано и направлено на *прочувствование* своей результативности. На основании управления собственным усилием, с опорой на «действенное самочувствие», учащийся может отрефлексировать и оценить собственное приращение и возможности в ходе образовательного процесса.

В поисковом эксперименте приняло участие небольшое количество детей, но данные о том, что только все четвероклассники открыли значение знака и проявили феномены спонтанного и свободного исследования кажутся не случайностью, а значимым образовательным эффектом опосредствования. Такие результаты исследования позволяют предположить, что вторая половина младшего школьного возраста является сенситивным периодом, когда необходимо поддерживать детский интерес к такого рода экспериментированию и исследованию, конструировать возрастно-адекватные экспериментальные модели процессов изменений и разворачивать эту линию в более старших возрастах.

### **Литература:**

1. Выготский Л.С. Собр. соч.: В 6 т. – М., 1982-1984.
2. Гальперин П.Я. Психология как объективная наука. М., 1998.
3. Нежнов П.Г. Спонтанность и опосредствование в теоретической картине развития. //Материалы 11-й научно-практической конференции «Педагогика развития: образовательные интересы и их субъекты». Красноярск, 2005.
4. Островерх О.С., Лих О.Э. Возможности знакового опосредствования с помощью управляющей модели в разных возрастах. //Материалы 13-й научно-практической конференции «Педагогика развития: юношеский возраст - вершина детства и/или начало взрослости». Красноярск, 2006.
5. Поливанова К.Н. Проблемы мотивации учения. Возрастной аспект // Материалы 11-й научно-практической конференции «Педагогика развития: образовательные интересы и их субъекты». Красноярск, 2005.
6. Эльконин Б.Д., Воронцов А.Б., Высоцкая Е.В., Львовский В.А., Чудинова Е.В. Гипотеза о содержании обучения подростка в системе Д.Б. Эльконина – В.В. Давыдова //Вестник МАРО. 2002. № 10.
7. Эльконин Б.Д. Пробное действие в опосредствовании и развитии. //Материалы 13-й научно-практической конференции «Педагогика развития: юношеский возраст – вершина детства и/или начало взрослости». Красноярск, 2006.
8. Эльконин Б.Д. Введение в психологию развития. М., 1994.