

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ПРЕДМЕТОВ ДЕТЬМИ 3–6 ЛЕТ

© 2023 г. А. В. Курганский<sup>1, 2, \*</sup>, М. Н. Захарова<sup>1, 3, 4</sup>, Д. Д. Каюмов<sup>1</sup>, С. Ю. Антонова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФБГНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Российская академия народного хозяйства и государственной службы, Москва, Россия

<sup>3</sup>Многопрофильный психологический центр “Территория счастья”, Москва, Россия

<sup>4</sup>ЧОУ ДПО “Институт возрастной нейропсихологии”, Москва, Россия

\*E-mail: akurg@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.11.2022 г.

После доработки 16.01.2023 г.

Принята к публикации 31.01.2023 г.

Оценивалась способность дошкольников 3–6 лет обнаруживать и понимать тематические связи предметов. Дети (95 детей; 53 девочки и 42 мальчика) четырех возрастных групп 3, 4, 5 и 6 лет (соответственно, 17, 33, 18 и 27 детей) решали две задачи на обнаружение тематических связей предметов в рамках стандартной процедуры “да–нет”. В первой задаче требовалось указать, соответствует ли изображение показанного предмета заданному контексту (задача “предмет–контекст”, П–К), а во второй – связаны ли два изображенных предмета тематическим отношением (задача “предмет–предмет”, П–П). Для предъявления изображений и записи двигательных ответов использовался компьютер с сенсорным экраном. Для каждой задачи измеряли показатель успешности (долю правильных ответов) и задержку двигательного ответа “да” или “нет” относительно момента предъявления изображения (время реакции). Раздельно оценивались две составляющих времени реакции: длительность латентной фазы и длительность движения к кнопке ответа. С возрастом успешность (доля правильных ответов) решения в обеих задачах увеличивалась, а время, необходимое для обнаружения тематической связи (время реакции), сокращалось. При этом успешность была ниже, а время обнаружения было больше в задаче П–П по сравнению с П–К. Пол ребенка не влиял на показатель успешности, и сказывался только на длительности двигательной (но не латентной) фазы двигательного ответа, причем только в задаче П–П. Полученные данные показывают, что: 1) задача П–П сложнее задачи П–К, и что это может быть связано с необходимостью актуализовать тематические связи двух предметов в задаче П–П, а не одного, как в задаче П–К, и 2) процесс актуализации тематических связей, по-видимому, не заканчивается в латентной фазе двигательного ответа и продолжается в его двигательной фазе. Обсуждается вопрос о том, в какой мере успешность и длительность процесса обнаружения тематических связей предметов может лимитировать успешность когнитивного планирования у дошкольников 3–6 лет.

*Ключевые слова:* когнитивное планирование, тематические связи, дошкольники.

DOI: 10.31857/S0131164623700261, EDN: GAMCGE

В настоящей работе способность обнаруживать и понимать тематические связи предметов рассматривается не с точки зрения организации семантической памяти [1], а с точки зрения отношения этой способности к когнитивному планированию – планированию сложных целесообразных действий. Результатом когнитивного планирования является обозначаемая термином “план действия” внутренняя репрезентация более или менее сложной последовательности элементарных действий (этапов, шагов), как явных двигательных, так и скрытых (воображаемых или умственных), которая ведет к достижению поставленной цели [2–4]. Когнитивное планирование

относят к числу сложных управляющих функций, быстро развивающихся в восходящем онтогенезе, особенно в дошкольный период [5–9].

Используемые для тестирования способности к когнитивному планированию задачи оценивают эффективность (безошибочность и скорость) построения тестируемым такой последовательности шагов, которая приводит к решению задачи. При этом задача выбирается и формулируется так, чтобы минимизировать влияние на полученную оценку индивидуальных различий в знакомстве с предметами, связанными с решаемой задачей, и в навыках оперирования с ними. Например, наиболее популярные тесты – Ханойская/Лондонская

башня [6] – требуют лишь минимального знания о предметах, с которыми приходится иметь дело в процессе решения задачи: достаточно знать, что кольцо может быть надето на штырь и снято с него.

Между тем, в реальной жизни планирование действий протекает в обстановке большей или меньшей неопределенности, и одной из критически важных для построения успешного плана действия является операция выбора адекватных цели действия предметов и операций [9]. Иными словами, планирование сложных целесообразных действий опирается на знания об окружающем мире и о наших возможностях действовать в нем. Для того чтобы планировать действия, нам необходимо знать, как можно использовать предметы для наших целей, какое действие предметы могут оказывать на нас и друг на друга. Чем обширнее, детальнее и точнее оказываются эти знания, тем более сложные и успешные планы предстоящей деятельности могут быть сформированы.

Выбор адекватной цели действия предметов опирается не только на знания отношений между действующим индивидом и предметами окружающего мира, описываемых такими понятиями как аффорданс (*affordance*) [10, 11], отражающим свойство предметов предоставлять человеку возможность для взаимодействия с ними (вроде формы, удобной для захвата рукой), и умение человека использовать предметы, известное как способность к манипуляции (*manipulation knowledge*) [12]. Такой выбор требует также знаний об отношениях между самими предметами. В частности, требуется знать, как одни предметы могут непосредственно или опосредованно влиять на другие – быть инструментами (нож для хлеба), материалами (мука для выпечки хлеба), или выполнять подсобные, вспомогательные функции (стол, на котором лежат нож и хлеб).

Отношения между понятиями предметов, соответствующие описанным выше отношениям между предметами, называются тематическими отношениями (*thematic relations*) и включают в себя, соответственно, отношения инструментальные (топор – дерево), функциональные (веник – совок) и контекстуальные, взаимодополняющие отношения (поезд – платформа) [1, 13]. Важно отметить, что в настоящей работе мы рассматриваем квалификатор “тематический” вне лингвистического контекста [14] и используем его как зонтичный, обозначающий все отношения между понятиями, отличные от таксономических отношений.

Знания о предметах сохраняются в семантической памяти и организованы в виде двух различных систем организации понятий – таксономической и тематической [1]. Таксономическая система основывается на отношениях сходства между предметами, на их общих признаках, и организу-

ет эти отношения в виде иерархической системы категорий (собака и кошка принадлежат к нескольким вложенным иерархически организованным категориям – классу млекопитающих, отряду хищные). Тематическая система основывается на принадлежности предметов к одному сценарию (собаку и поводок объединяет принадлежность к сценарию “прогулка”) или событию (молния и гром).

Существование двух отдельных систем организации понятийного знания подтверждается поведенческими данными: наличием прайминг-эффекта [15] и дополнительных временных затрат на переключение (*switching cost*) между этими системами [16]. В пользу существования двух отдельных систем организации говорят также данные по функциональной анатомии [17–22], которые показывают, что с таксономической системой специфически ассоциирована активность передней височной доли (*anterior temporal lobe – ATL*), а с тематической – активность височно-теменного узла/нижней теменной доли (*temporoparietal junction/inferior parietal lobule – TPJ/IPL*). Интересно, что клинические данные свидетельствуют не только об особой роли теменно-височных областей в функционировании тематически организованной системы понятий, но и о тесной связи этой системы с планированием действий. Об этом говорит преимущественный выбор испытуемыми тематических отношений, включающих действия и имеющий отношение к двигательным действиям. У неврологических пациентов с поражением левого полушария такое преимущество исчезает при поражении теменно-височных областей, но сохраняется как и в норме, если эти области не затронуты [23].

Формирование предпосылок понятийного мышления, в том числе чувствительность к тематическим и таксономическим отношениям предметов, начинается в онтогенезе очень рано, по крайней мере, с годовалого возраста [24–26], и к двум годам дети устойчиво демонстрируют способность учитывать тематические отношения предметов [27, 28]. Так, решая задачу выбора из четырех предметов одного, связанного с предметом-эталоном тематическими отношениями (*match-to-sample task*), дети в возрасте 24 мес. успешно справились в 46.5% случаев (при вероятности случайного угадывания в 25%), а ближе к трем годам (34 мес.) частота правильных ответов возрастала до 65.8% [27]. Следует отметить, что большинство экспериментальных работ, выполненных в этой области, посвящено развитию понятийного мышления, таксономической и тематической организации понятий [1] и, в частности, дискуссионному вопросу о преимущественной опоре на тематические связи между понятиями у младших дошкольников (2–4 года) с переходом к более сбалансированному использованию таксономических и те-

матических отношений [15, 29, 30]. Между тем, если рассматривать процесс обнаружения тематической (причинной, инструментальной, функциональной) связи предметов как необходимый момент когнитивного планирования, как это делается в настоящей работе, то для понимания возрастных изменений в характере когнитивного планирования важно оценить, как изменяется с возрастом успешность обнаружения тематической связи, и какова длительность этого процесса. Такие данные для дошкольников в литературе отсутствуют. Важно отметить, что мы исходили из того, что время, требуемое для принятия решения о наличии или отсутствии тематической связи, также является критичным при планировании сложных действий: поскольку план формируется в рабочей памяти, и его репрезентация сохраняется в ней лишь ограниченное время [31], то чем быстрее выполняется операция, результат которой будет занесен в рабочую память, тем более сложный план может быть сформирован и сохранен в ней.

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы для дошкольников 3–6 лет оценить количественно возрастные изменения успешности обнаружения тематической связи (а) между предметом и заданным контекстом и (б) между двумя предметами и измерить возрастную зависимость времени, требуемого для такого обнаружения.

Для этого исследовали, насколько эффективно дети этого возраста решали две задачи: 1) задачу на обнаружение тематической связи между предметом и заранее заданным контекстом (выбор релевантного предмета) и 2) задачу обнаружения тематической (контекстуальной, функциональной и инструментальной) связи между двумя предметами. При этом измеряли успешность решения задачи (долю правильно выполненных проб) и регистрировали латентное время двигательного ответа, который испытуемые давали в ходе решения этих задач.

## МЕТОДИКА

В эксперименте принимали участие 95 детей (53 девочки и 42 мальчика) в возрастном диапазоне от 3 до 6 лет включительно. Вся выборка была разбита на 4 возрастные группы 3-летних (17 детей; 6 девочек, 11 мальчиков), 4-летних (33 ребенка; 18 девочек, 15 мальчиков), 5-летних (18 детей; 11 девочек, 7 мальчиков) и 6-летних (27 детей; 18 девочек, 9 мальчиков). Ребенка относили к группе  $N$ -летних детей, если его календарный возраст был больше или равен  $N$  лет и строго меньше  $N + 1$  лет.

**Задачи.** В настоящей работе анализировали результаты выполнения детьми двух задач (рис. 1) на тематические отношения: 1) задачи на обнару-

жение тематической связи между предметом и заранее заданным сценарием (контекстом) – выбор релевантного контексту предмета (задача “предмет–контекст”, П–К) и 2) задачи обнаружения тематической (контекстуальной, функциональной и инструментальной) связи между двумя предметами (задача “предмет–предмет”, П–П). Обе задачи были реализованы в парадигме “да–нет” (*yes–no*).

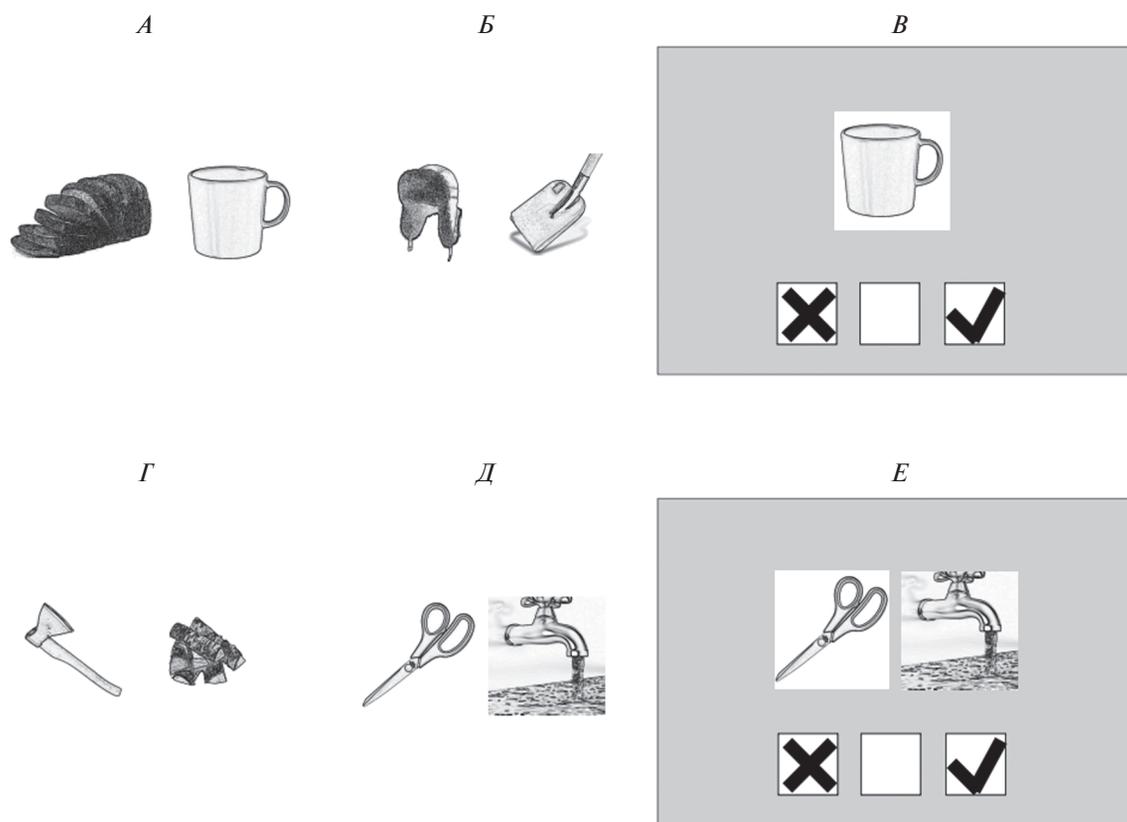
В задаче П–К требовалось указать, используя кнопки “да” и “нет”, подходит (например, вилка или котлета) или нет (например, велосипед или шарф) показанный на картинке предмет к ситуации накрывания на стол – можно ли его подать к обеденному столу или нет. Ребенка просили нажимать кнопку “Да”, если предмет имеет непосредственное отношение к этой ситуации и кнопку “Нет” – в противном случае. Каждый ребенок выполнил 20 проб, в половине которых был показан релевантный предмет, предполагающий ответ “Да”. Пробы с релевантными и нерелевантными предметами следовали в уникальном для каждого ребенка квазислучайном порядке (для каждого ребенка 20 проб были “перетасованы” заново).

В задаче П–П детям показывали пары картинок и просили указать, используя кнопки “да” и “нет”, связаны ли два изображенных предмета тематическим отношением (инструментальным (краски – кисточка) или функциональным (ключ – замочная скважина). Ребенок выполнял 32 пробы, в половине из которых предметы тематически связаны. Пробы, требующие ответа “Да” и требующие ответа “Нет” предъявляли в квазислучайном порядке, уникальном для каждого испытуемого.

Общим для двух задач являлось использование стартовой площадки – небольшого белого квадрата внизу сенсорного экрана (чтобы не загоразживать рукой картинку), к которому требовалось прикоснуться указательным пальцем в начале очередной пробы и не отрывать от него палец вплоть до принятия решения об ответе после появления стимулов – о прикосновении к одной из кнопок “да” или “нет”.

**Стимулы.** В задаче П–К в качестве изображений 10 релевантных контексту предметов использовали цветные фотографии пищевых продуктов и готовых блюд, а также предметов сервировки (конфета, котлета, овощной салат, пирог, помидоры, хлеб, вилка, кружка, ложка, тарелка). В качестве изображений 10 нерелевантных контексту предметов использовали цветные фотографии знакомых детям предметов обихода (ботинок, валенки, велосипед, лопата, молоток, мыло, ножицы, ноутбук, перчатки, шапка-ушанка).

В задаче П–П использовали 16 пар связанных, т.е. часто совместно используемых или сделанных для совместного использования, предметов и



**Рис. 1.** Примеры стимулов и схематичный вид экрана во время тестирования в задаче “предмет–контекст”, П–К (*А, Б, В*) и в задаче “предмет–предмет”, П–П (*Г, Д, Е*).

*А* – примеры предметов, релевантных заданному контексту (накрываем на стол) в задаче П–К; *Б* – примеры предметов, не связанных с контекстом; *В* – вид сенсорного экрана (задача П–К) с целевым стимулом в центре, со стартовой позицией (белый квадрат внизу в середине) и “кнопками ответа”: кнопкой “Да” (галочка) справа и кнопкой “Нет” (косой крестик) слева; *Г* – пример пары предметов, связанных тематически друг с другом (топор – дрова) в задаче П–П; *Д* – пример тематически не связанных предметов (ножницы – кран с водой); *Е* – вид сенсорного экрана в задаче П–П; в центре экрана – изображения двух предметов, а остальные элементы такие же, как на рис. 1, *В*.

16 пар несвязанных предметов, т.е. таких, которые обычно не используются совместно. В число связанных пар входили: пила – бревна, пила – доски, гаечный ключ – гайка, молоток – гвоздь, ножницы – бумага, клещи – гнутый гвоздь, кисточка – краски, ключ – замок, лопата – песок, топор – дрова, колун – дрова, электрическая вилка – электрическая розетка, ведро – вода, отвертка – саморез, нож – хлеб, карандаш – тетрадь. Несвязанные пары включали: пила – замок, пила – песок, гаечный ключ – дрова, молоток – бумага, ножницы – вода, клещи – дрова, кисточка – гнутый гвоздь, ключ – хлеб, лопата – электрическая розетка, топор – тетрадь, колун – краски, электрическая вилка – бревна, ведро – дрова, отвертка – доски, нож – саморез, карандаш – гайка.

Примеры стимулов в каждой из задач приведены на рис. 1, *А, Б* для задачи П–К и на рис. 1, *Г, Д* для задачи П–П.

**Структура пробы.** В обеих задачах очередная проба начиналась с появлением на экране белого

квадрата стартовой позиции и кнопок ответа “Да” и “Нет”, как показано на рис. 1, *В, Е*. После того как испытуемый касался указательным пальцем ведущей руки этого прямоугольника, он фиксировал взор на центре экрана, ожидая появления стимула (одного изображения в П–К и пары изображений в П–П) и все время удерживая палец в стартовой позиции. После отрыва пальца от стартовой позиции зрительные стимулы исчезали, а ребенок продолжал двигать палец по направлению к выбранной кнопке ответа. После касания кнопки ответа проба завершалась, и после возврата испытуемым указательного пальца в стартовую позицию начиналась следующая проба.

**Установка и программное обеспечение.** Все задачи были реализованы в виде компьютерных программ с помощью *Psychtoolbox-3* (<http://psychtoolbox.org/>) в вычислительной среде *GNU Octave* (<https://www.gnu.org/software/octave/>) на лаптоп-трансформере *Yoga*, управляемом операционной системой *Kubuntu 20.04 LTS*. Сенсорный экран с разрешением *full HD* (1920 × 1080 пикселей) этого

компьютера использовали как для предъявления стимулов, так и для записи двигательных ответов испытуемых — прикосновений к экрану при нажатии кнопок ответа и моментов отрыва от поверхности экрана указательного пальца при его переносе. Время наступления всех событий — показа изображений и касаний сенсорного экрана — измеряли с миллисекундной точностью.

**Организация тестирования.** Для настоящего эксперимента было существенно, чтобы ребенок безотрывно удерживал палец в заданной белым квадратом стартовой позиции, поскольку момент отрыва рассматривали как объективный признак начала решения задачи и использовали для вычисления латентного времени двигательного ответа. Поэтому до начала эксперимента каждый ребенок выполнял тренировочное задание (реакция выбора) — последовательность из нескольких проб, где требовалось перед началом каждой пробы установить указательный палец ведущей руки в стартовую позицию и при появлении стимула — зеленого или красного квадрата — как можно быстрее коснуться соответствующей кнопки ответа.

Перед каждой задачей экспериментатор объяснял ребенку, в чем состоит эта задача. В задаче П–К ребенка просили представить себе, что он будет накрывать на стол, и затем из показываемых на фотографиях предметов отмечать нажатием кнопки “Да” те, что можно подать (обычно подают) на стол, и нажатием кнопки “Нет” — те, что нельзя. В задаче П–П ребенку говорили, что ему будут показывать на картинках пары предметов, и просили нажимать кнопку “Да”, если эти предметы “подходят друг к другу, используются вместе или даже специально сделаны, чтобы использоваться вместе”.

На следующем этапе ребенок выполнял несколько тренировочных проб; при этом использовали такие стимулы, которые не присутствовали в тестовом задании. Если экспериментатор убеждался, что ребенок правильно понял задание, переходили к фазе тестирования; если возникали сомнения, то экспериментатор еще раз повторял устную инструкцию, а ребенок снова выполнял тренировочную серию проб.

В фазе тестирования экспериментатор следил за самочувствием детей, делая при первых признаках усталости короткие перерывы между задачами. Важно отметить, что экспериментатор ничего не говорил относительно того, как быстро дети должны принимать решение, и таким образом, дети выполняли обе задачи в выбранном ими самими естественном темпе.

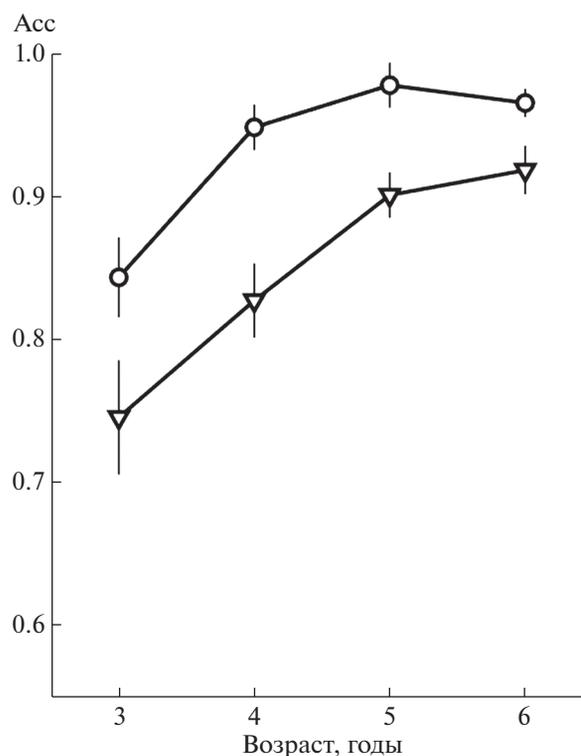
**Анализируемые величины.** На основе зарегистрированной и сохраненной информации для каждой из двух задач вычисляли успешность его выполнения Асс, а также временные параметры:

латентное время покидания стартовой площадки *LT* и *MT* — длительность движения от момента покидания стартовой площадки до момента прикосновения к кнопке ответа (“да” или “нет”).

Для тестирования статистических гипотез в работе использовали дисперсионный анализ и тест Стьюдента.

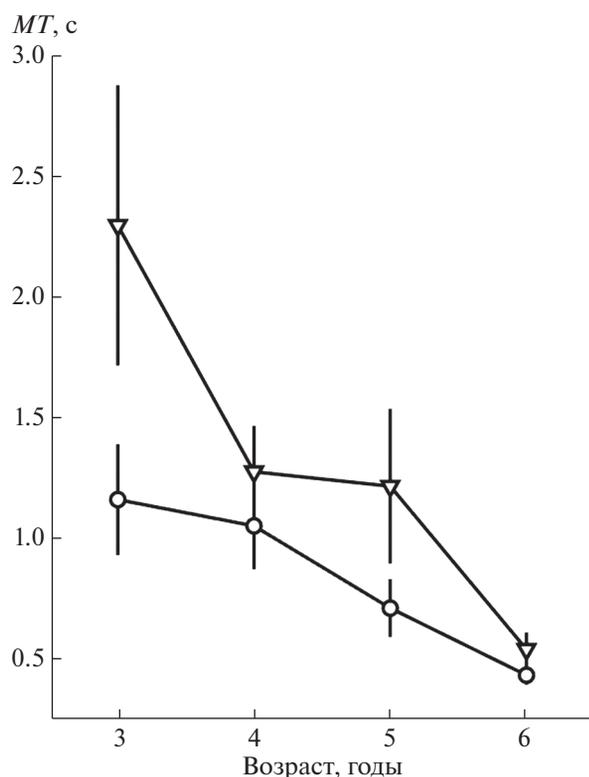
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Успешность выполнения задач.** Показатель успешности Асс выполнения задач П–К и П–П (рис. 2) был подвергнут дисперсионному анализу по схеме с повторяющимися измерениями *rmANOVA* с внутрииндивидуальным фактором ЗАДАЧА (П–К, П–П) и межиндивидуальными факторами ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА (3, 4, 5, 6) и ПОЛ (ж, м). Статистически значимым оказался эффект фактора ЗАДАЧА ( $F(1, 83) = 42.752; p < 0.0001; \eta_p^2 = 0.340$ ) и фактора ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА ( $F(3, 83) = 10.772; p < 0.0001; \eta_p^2 = 0.280$ ).



**Рис. 2.** Зависимость успешности решения задач “предмет–контекст” (П–К) и “предмет–предмет” (П–П) от возраста.

По оси абсцисс отложен возраст в годах; по оси ординат — средний по возрастной группе показатель успешности Асс (доля правильных ответов). Значения показателя Асс отмечены кружочками для П–К и треугольниками для П–П. Столбики ошибок соответствуют стандартной ошибке среднего.



**Рис. 3.** Зависимость длительности движения от возраста задач “предмет–контекст” (П–К) и “предмет–предмет” (П–П).

По оси абсцисс отложен возраст в годах; по оси ординат – средняя по возрастной группе длительность движения  $MT$  в секундах. Значения  $MT$  отмечены кружочками для П–К и треугольниками для П–П. Столбики ошибок соответствуют стандартной ошибке среднего.

**Временные показатели.** Каждый из временных показателей,  $LT$  (латентное время покидания исходной позиции) и  $MT$  (длительность движения от ухода из исходной позиции до ответа), был подвергнут дисперсионному анализу *rmANOVA* с внутрииндивидуальным фактором ЗАДАЧА (П–К, П–П) и межиндивидуальными факторами ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА (3, 4, 5, 6) и ПОЛ (ж, м).

При анализе  $LT$  значимым оказалось влияние фактора ЗАДАЧА ( $F(3, 86) = 5.123$ ;  $p = 0.003$ ;  $\eta_p^2 = 0.152$ ): Латентное время  $LT$  оказалось почти в два раза больше в задаче П–П ( $1.699 \pm 1.006$  мс), чем в П–К ( $0.988 \pm 0.836$  мс). При этом анализ  $LT$  не выявил значимых влияний ни возраста, ни пола детей; незначимым оказалось также взаимодействие факторов ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА и ПОЛ.

Анализ величины  $MT$  (рис. 3) выявил значимое влияние факторов ЗАДАЧА ( $F(1, 83) = 21.211$ ;  $p < 0.0001$ ;  $\eta_p^2 = 0.204$ ), ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА ( $F(3, 83) = 5.228$ ;  $p = 0.002$ ;  $\eta_p^2 = 0.159$ ) и ПОЛ

( $F(1, 83) = 4.447$ ;  $p = 0.038$ ;  $\eta_p^2 = 0.051$ ). Кроме того, значимыми оказались взаимодействия ЗАДАЧА  $\times$  ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА ( $F(3, 83) = 3.549$ ;  $p = 0.018$ ;  $\eta_p^2 = 0.114$ ), ЗАДАЧА  $\times$  ПОЛ ( $F(1, 83) = 5.124$ ;  $p = 0.026$ ;  $\eta_p^2 = 0.058$ ) и тройное взаимодействие ЗАДАЧА  $\times$  ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА  $\times$  ПОЛ ( $F(3, 83) = 2.858$ ;  $p = 0.042$ ;  $\eta_p^2 = 0.094$ ).

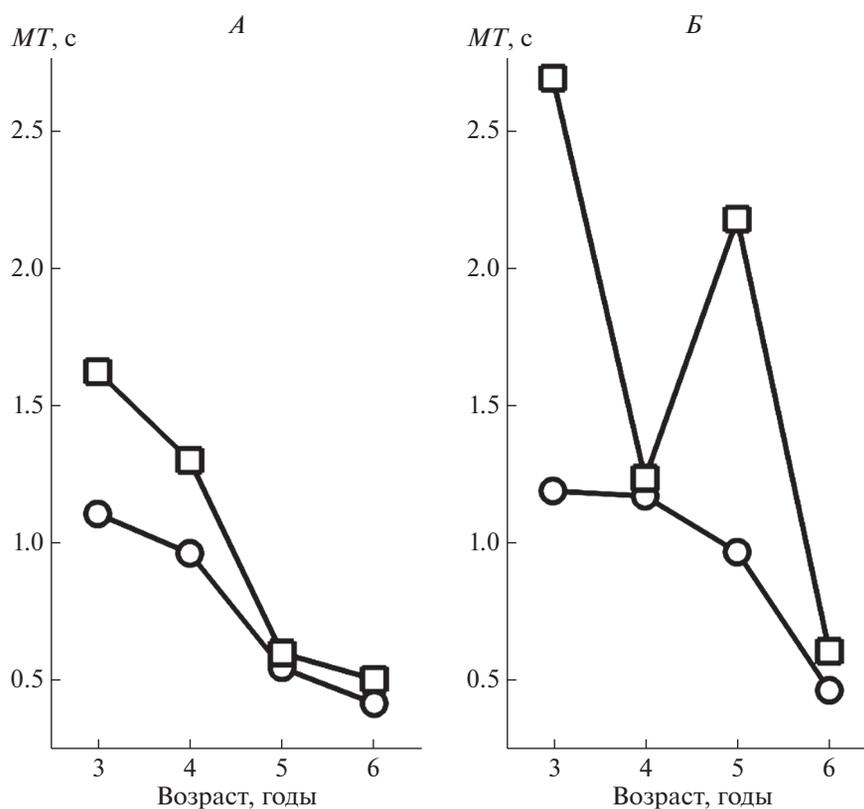
Влияние пола на величину  $MT$  иллюстрирует рис. 4. Поскольку двойное и тройное взаимодействие, включающие фактор ПОЛ, оказалось статистически значимым, был выполнен *post hoc* дисперсионный анализ с факторами ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА и ПОЛ отдельно для  $MT$  в задаче П–К и задаче П–П. Оказалось, что в задаче П–К единственным значимым фактором является ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА ( $F(3, 87) = 2.753$ ;  $p = 0.004$ ). В то же время, в задаче П–П и фактор ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА ( $F(3, 83) = 5.010$ ;  $p = 0.003$ ) и фактор ПОЛ ( $F(1, 83) = 5.616$ ;  $p = 0.020$ ) значимо влияли на время движения  $MT$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Показанные на рис. 2 данные свидетельствуют о различии возрастной динамики показателя успешности Асс в задачах П–К и П–П. Хотя этот вывод не подтверждается наличием значимого взаимодействия факторов ЗАДАЧА и ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА, из рис. 2 видно, что основное изменение успешности решения задачи П–К происходит в период между 3 и 4 годами, в то время как у детей 4, 5 и 6 лет значения параметра Асс практически не зависят от возраста и находятся в диапазоне от 0.95 до 0.98. Результаты однофакторного дисперсионного анализа показывают, что влияние фактора ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА (4, 5, 6) на величину Асс статистически незначимо ( $F(2, 75) = 1.591$ ;  $p = 0.210$ ), и у нас нет оснований считать, что в возрастном диапазоне от 4 до 6 лет успешность решения задачи изменяется с возрастом.

В задаче П–П, как показывает график на рис. 2, наблюдается приблизительно линейное возрастание успешности от 3 до 5 лет, и только дети двух старших возрастных групп (5 и 6 лет) не отличаются по величине показателя Асс, достигающего значений 0.90–0.92. Такой характер возрастной динамики отражается в результатах статистического тестирования: для задачи П–П однофакторный дисперсионный анализ выявил значимое влияние фактора ВОЗРАСТНАЯ ГРУППА (4, 5, 6) на величину Асс ( $F(2, 74) = 5.366$ ;  $p = 0.07$ ), но при этом значения Асс статистически неразличимы у детей 5 и 6 лет ( $t(42) = 0.714$ ;  $p = 0.479$ ).

Различие в успешности решения задач П–К и П–П можно связать с тем, что в задаче П–К в каждой пробе требуется обратиться к долговре-



**Рис. 4.** Зависимости длительности движения от возраста задач “предмет–контекст” (П–К) и “предмет–предмет” (П–П) для девочек (А) и для мальчиков (Б). Обозначения см. рис. 3.

менной памяти и актуализировать (активировать и использовать) тематические связи только одного предмета, тогда как репрезентация контекста задана инструкцией и уже присутствует в рабочей памяти. В задаче П–П в каждой пробе необходимо актуализировать тематические связи двух предъявляемых предметов. Если предположить, что величина Асс в задаче П–К характеризует, главным образом, вероятность  $p_1$  успешной актуализации тематических связей зрительно воспринимаемого предмета, то вероятность успешной актуализации тематических связей двух предметов  $p_2$  (при условии независимости этих двух процессов актуализации) будет равна квадрату  $p_1$ , и, таким образом, можно ожидать, что  $p_{TL} = p_{RO}^2$ . Это соотношение и в самом деле, как показывает

табл. 1, приблизительно выполняется во всех возрастных группах, кроме группы четырехлетних детей.

Еще одним потенциальным фактором, определяющим различия между задачами П–К и П–П, является степень знакомства с показанными на фотографиях предметами: в задаче П–К ребенок имел дело с обычными хорошо знакомыми предметами домашнего обихода (ботинок, лопата, молоток, мыло, ножницы, ноутбук, перчатки, шапка-ушанка, валенки, велосипед; хлеб, конфета, котлета, овощи, пирог, помидоры, кружка, ложка, тарелка, вилка), а в задаче П–П встречались также менее известные детям предметы, такие как гайка, клещи, разводной ключ и колун.

**Таблица 1.** Значения показателя успешности Асс решения задач П–К и П–П в четырех возрастных группах

Возраст, годы	3	4	5	6
Асс П–К	0.844	0.948	0.978	0.965
Асс <sup>2</sup> П–К	0.712	0.899	0.956	0.931
Асс П–П	0.746	0.828	0.901	0.919

*Примечание:* в средней строке дан квадрат величины каждой величины, показанной в первой строке.

В настоящей работе время реакции было разделено на две составляющие: на время удержания пальца на стартовой площадке  $LT$  и на время движения  $MT$  от момента отрыва от стартовой площадки до момента прикосновения к одной из площадок “Да” или “Нет”. Выполненный анализ показал, что для обеих задач П–К и П–П величина  $LT$  не зависит от возраста, хотя она неодинакова в задачах П–К и П–П. Интересно, что время  $LT$  нахождения на стартовой площадке оказалось почти в два раза больше в задаче П–П ( $1.699 \pm 1.006$  мс), чем в П–К ( $0.988 \pm 0.836$  мс), что хорошо согласуется с отмеченным выше обстоятельством, что в задаче П–П необходимо опознать не один, как в П–К, а два предмета и соответственно актуализировать не один, а два паттерна тематических связей.

Следует отметить, однако, что отсутствие сокращения величины  $LT$  с возрастом не соответствует данным об увеличении с возрастом скорости обработки информации в ЦНС, индикатором чего является сокращение времени простой сенсомоторной реакции [32]. Скорее всего, в течение латентного времени  $LT$  процессы решения задач П–К и П–П не завершаются, а продолжают после отрыва пальца от стартовой площадки. Анализ времени движения к цели  $MT$  подтверждает такой вывод.

В отличие от величины  $LT$  вторая составляющая времени реакции – время движения  $MT$  – демонстрирует выраженное сокращение с возрастом, что соответствует известным данным о сокращении времени движения к пространственной цели у детей по мере их взросления [33]. Однако, если бы величина  $MT$  отражала только временные затраты на движение к заранее выбранной цели (площадке “Да” или площадке “Нет”) от исходного положения пальца на стартовой площадке, то не было бы никаких оснований ожидать, что это время окажется различным для двух задач. Между тем, как видно из рис. 4, у детей 3 лет величина  $MT$  примерно в полтора раза у девочек и более чем в два раза у мальчиков больше, чем эта же величина в задаче П–К. Влияние характера задачи на время  $MT$  и одновременно отсутствие такого влияния на величину  $LT$  может свидетельствовать о том, что решение о направлении движения (к кнопке “Да” или к кнопке “Нет”) не принимается в течение латентной фазы движения  $LT$ , а принимается позже, во время движения к выбранной кнопке. В целом такое предположение представляется вполне оправданным, поскольку известно, что планирование конкурентной задачи может протекать на фоне выполнения движения, и параллельность в выполнении двух задач может приводить к замедлению обеих или одной из них [34–37]. Не исключено, что именно параллельно идущими когнитивными процессами актуализации тематических связей

предметов может объясняться иногда отмечаемое в этом эксперименте выраженное замедление движения руки к кнопке ответа или даже ее временное “зависание”.

В настоящей работе обнаружены статистически высоко значимые и существенные различия во времени движения  $MT$  между мальчиками и девочками. Сам факт наличия связанных с полом различий во временных параметрах движений к пространственной цели вполне соответствует данным литературы [38, 39], однако в нашем исследовании такое различие достигало статистической значимости только в задаче П–П. Учитывая, что сами движения (движение к пространственной цели) и условия их выполнения были идентичны в задачах П–К и П–П, различное влияние фактора пола на  $MT$  следует связать не с моторными, а с когнитивными процессами оценки наличия/отсутствия тематических отношений между предметами. Это можно рассматривать как еще одно (в дополнение к описанному выше сравнению  $LT$  и  $MT$ ) свидетельство существенного вклада процессов немоторной природы в величину  $MT$  и одновременно как указание на то, что наблюдаемая в задаче П–П разница между девочками и мальчиками в величине  $MT$  связана именно с процессами понимания тематических отношений. Хотя природа этих процессов остается неисследованной, и они, насколько авторам известно, не служили предметом экспериментальных исследований ни у взрослых, ни у детей дошкольного возраста, все же есть основания предполагать, что могут существовать связанные с полом различия в характере протекания этих процессов.

Нейрофизиологической основой связанных с полом различий в характере и эффективности различных когнитивных процессов являются различия в структурной организации мозга у двух полов [40–42]. Известно, что, по крайней мере, начиная с 6 лет, темп уменьшения с возрастом объема серого и последующего роста объема белого вещества оказывается выше у мальчиков, чем у девочек [40]. Более детальное исследование возрастных изменений объеметрических показателей отдельных структур мозга [41] указывает на существенные различия между полами в характеристиках таких важных для моторной и когнитивной деятельности структур как фронтальная и теменная кора. Пожалуй, наиболее непосредственное отношение к вопросу о понимании тематических отношений имеет работа [43], в которой показано, что женщины и мужчины различаются по характеру и силе структурных кортикальных связей в сетях, имеющих отношения к умению манипулировать предметами. Конечно, в работе [43] речь идет о зрелом мозге. Однако, как показывает исследование [44], различия между полами в эффективности и мозговом обеспечении решения когнитивных задач обнаруживаются

и в возрастном диапазоне, сопоставимым с тем, что использовался в нашей работе. В работе [44] дети 4–6 лет решали стандартный адаптированный к возрасту вариант висконсинского теста на сортировку карт. Были обнаружены различия в успешности решения задачи мальчиками и девочками, а с помощью функциональной инфракрасной спектроскопии ближнего диапазона (*fNIRS*) было показано, что девочки и мальчики различаются по топографии и интенсивности метаболических процессов в пределах лобной коры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Планирование действий в реальных условиях неопределенности относительно средств достижения цели предполагает поиск релевантных цели предметов, процессов и действий. Среди прочего, может потребоваться оценка тематических связей предмета в заданном контексте или тематических связей между доступными предметами, для того чтобы выбрать подходящие из них.

Полученные в настоящей работе данные показывают, что оценка тематических связей предмета дошкольниками, особенно дошкольниками младшего возраста 3–4 лет характеризуется относительно невысокой успешностью 75–85%. Кроме того, такая оценка требует больших затрат времени, особенно в задаче П–П, где требуется установить, связаны ли тематическими отношениями два предмета. Из этого следует, что трудность в обнаружении тематических связей предметов наряду с другими факторами (например, незрелостью управляющих функций) является существенным фактором, лимитирующим способность детей 3–4 лет к когнитивному планированию, а учитывая высокие временные затраты на оценку тематической связи в условиях ограниченности рабочей памяти во времени, – к существенным ограничениям сложности плана и горизонта планирования (возможного числа его этапов – “шагов”).

Быстрый рост успешности обнаружения тематических связей предметов и заметное сокращение времени, затрачиваемого на этот процесс, ведет к тому, что уже в 5–6 лет (успешность в этом возрасте превышает 90% в задаче П–К и 95% в задаче П–П, а время сокращается более чем в 2 раза) лимитирующее влияние этого фактора на когнитивное планирование заметно снижается. Таким образом, рост эффективности обнаружения тематических связей предметов в возрастном диапазоне от 3 до 6 лет является, по-видимому, одной из причин возрастания эффективности когнитивного планирования в течение этого возрастного периода.

Зависимость от сложности задачи не только длительности латентной фазы двигательного ответа, но и длительности фазы движения (движе-

ния пальца от стартовой позиции к кнопке ответа “да” или “нет”) свидетельствует о том, что процесс актуализации тематических связей предмета не заканчивается в латентной фазе и продолжается во время выполнения движения, по крайней мере, при решении более сложной задачи П–П.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены этическим комитетом Института возрастной физиологии РАО (Москва).

**Информированное согласие.** Родители/опекуны всех детей представили добровольное письменное информированное согласие, подписанное ими после разъяснения им потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

**Вклад авторов в публикацию.** Авторы внесли следующий вклад в настоящую работу: А.В. Курганский осуществлял начальное планирование эксперимента, разработку программного обеспечения, анализ и обсуждение результатов эксперимента и написание текста статьи. М.Н. Захарова участвовала в разработке эксперимента и адаптации его для работы с младшими дошкольниками, а также в проведении эксперимента (сборе данных). Д.Д. Каюмов участвовал в разработке эксперимента и адаптации его для работы с младшими дошкольниками, в проведении эксперимента (сборе данных), в анализе и обсуждении полученных результатов, а также принимал участие в написании текста статьи. С.Ю. Антонова участвовала в разработке эксперимента и адаптации его для работы с младшими дошкольниками, в проведении эксперимента (сборе данных), а также анализе и обсуждении полученных результатов. Е.П. Софьина участвовала в проведении эксперимента (сборе данных), а также в обсуждении методических аспектов работы с дошкольниками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mirman D., Landrigan J.F., Britt A.E.* Taxonomic and thematic semantic systems // *Psychol. Bull.* 2017. V. 143. № 5. P. 499.
2. *Miller G.A., Galanter E., Pribram K.A.* Plans and the Structure of Behavior. N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, 1960. 226 p.
3. *Owen A.M.* Cognitive planning in humans: neuropsychological, neuroanatomical and neuropharmacological perspectives // *Prog. Neurobiol.* 1997. V. 53. № 4. P. 431.
4. *Herd S.A., Krueger K.A., Kriete T.E. et al.* Strategic cognitive sequencing: a computational cognitive neurosci-

- ence approach // *Comput. Intell. Neurosci.* 2013. V. 2013. P. 149329.
5. *Best J.R., Miller P.H.* A developmental perspective on executive function // *Child. Dev.* 2010. V. 81. № 6. P. 1641.
  6. *McCormack T., Atance C.* Planning in young children: A review and synthesis // *Dev. Rev.* 2011. V. 31. № 1. P. 1.
  7. *Anderson P.J., Reidy N.* Assessing executive function in preschoolers // *Neuropsychol. Rev.* 2012. V. 22. № 4. P. 345.
  8. *Diamond A.* Executive functions // *Annu. Rev. Psychol.* 2013. V. 64. P. 135.
  9. *Курганский А.В.* Оценка управляющих функций у детей 3–6 лет: состояние, проблемы, перспективы // *Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова.* 2021. Т. 71. № 4. С. 468.
  10. *Pezzulo G., Cisek P.* Navigating the affordance landscape: Feedback control as a process model of behavior and cognition // *Trends Cogn. Sci.* 2016. V. 20. № 6. P. 414.
  11. *Osiurak F., Rossetti Y., Badets A.* What is an affordance? 40 years later // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2017. V. 77. P. 403.
  12. *Collette C., Bonnotte I., Jacquemont C. et al.* The Development of Object Function and Manipulation Knowledge: Evidence from a Semantic Priming Study // *Front. Psychol.* 2016. V. 7. P. 1239.
  13. *Estes Z., Golonka S., Jones L.L.* Thematic thinking: The apprehension and consequences of thematic relations / *Psychology of Learning and Motivation.* Elsevier, 2011. V. 54. P. 249.
  14. *Rissman L., Majid A.* Thematic roles: Core knowledge or linguistic construct? // *Psychon. Bull. Rev.* 2019. V. 26. № 6. P. 1850.
  15. *Perraudin S., Mounoud P.* Contribution of the priming paradigm to the understanding of the conceptual developmental shift from 5 to 9 years of age // *Dev. Sci.* 2009. V. 12. № 6. P. 956.
  16. *Landrigan J.F., Mirman D.* The cost of switching between taxonomic and thematic semantics // *Mem. Cognit.* 2018. V. 46. № 2. P. 191.
  17. *Kalénine S., Peyrin C., Pichat C. et al.* The sensory-motor specificity of taxonomic and thematic conceptual relations: a behavioral and fMRI study // *Neuroimage.* 2009. V. 44. № 3. P. 1152.
  18. *Schwartz M.F., Kimberg D.Y., Walker G.M. et al.* Neuroanatomical dissociation for taxonomic and thematic knowledge in the human brain // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2011. V. 108. № 20. P. 8520.
  19. *Lewis G.A., Poeppel D., Murphy G.L.* The neural bases of taxonomic and thematic conceptual relations: an MEG study // *Neuropsychologia.* 2015. V. 68. P. 176.
  20. *Geng J., Schnur T.T.* Role of features and categories in the organization of object knowledge: Evidence from adaptation fMRI // *Cortex.* 2016. V. 78. P. 174.
  21. *Xu Y., Wang X., Wang X. et al.* Doctor, Teacher, and Stethoscope: Neural Representation of Different Types of Semantic Relations // *J. Neurosci.* 2018. V. 38. № 13. P. 3303.
  22. *Thye M., Geller J., Szaflarski J.P., Mirman D.* Intracranial EEG evidence of functional specialization for taxonomic and thematic relations // *Cortex.* 2021. V. 140. P. 40.
  23. *Tsagkaridis K., Watson C.E., Jax S.A., Buxbaum L.J.* The role of action representations in thematic object relations // *Front. Hum. Neurosci.* 2014. V. 8. P. 140.
  24. *Kahrs B.A., Lockman J.J.* Tool Using // *Child. Dev. Perspect.* 2014. V. 8. № 4. P. 231.
  25. *Alessandroni N., Rodríguez C.* The development of categorisation and conceptual thinking in early childhood: methods and limitations // *Psicol. Reflex. Crit.* 2020. V. 33. № 1. P. 17.
  26. *Zuniga-Montanez C., Kita S., Aussems S., Krott A.* Beyond the shape of things: Infants can be taught to generalize nouns by objects' functions // *Psychol. Sci.* 2021. V. 32. № 7. P. 1073.
  27. *Fenson L., Vella D., Kennedy M.* Children's knowledge of thematic and taxonomic relations at two years of age // *Child. Dev.* 1989. V. 60. № 4. P. 911.
  28. *Shylaja K.R., Manjula R.* Assessment of thematic relations in 2–4 years normally developing children // *J. Commun. Disord. Deaf Stud. Hearing Aids.* 2016. V. 4. P. 1.
  29. *Waxman S.R., Namy L.L.* Challenging the notion of a thematic preference in young children // *Dev. Psychol.* 1997. V. 33. № 3. P. 555.
  30. *Blaye A., Bonthoux F.* Thematic and taxonomic relations in preschoolers: The development of flexibility in categorization choices // *Br. J. Dev. Psychol.* 2001. V. 19. P. 395.
  31. *Barrouillet P., De Paepe A., Langerock N.* Time causes forgetting from working memory // *Psychon. Bull. Rev.* 2012. V. 19. № 1. P. 87.
  32. *Kiselev S., Espy K.A., Sheffield T.* Age-related differences in reaction time task performance in young children // *J. Exp. Child. Psychol.* 2009. V. 102. № 2. P. 150.
  33. *Bourgeois F., Hay L.* Information processing and movement optimization during development: kinematics of cyclical pointing in 5- to 11-year-old children // *J. Mot. Behav.* 2003. V. 35. № 2. P. 183.
  34. *Hiraga C.Y., Garry M.I., Carson R.G., Summers J.J.* Dual-task interference: attentional and neurophysiological influences // *Behav. Brain Res.* 2009. V. 205. № 1. P. 10.
  35. *Janczyk M., Kunde W.* Dual tasking from a goal perspective // *Psychol. Rev.* 2020. V. 127. № 6. P. 1079.
  36. *Löhr-Limpens M., Göhringer F., Schenk T.* Dual-task interference in action programming and action planning – Evidence from the end-state comfort effect // *Acta Psychol. (Amst).* 2022. V. 228. P. 103637.
  37. *Schach S., Lindner A., Braun D.A.* Bounded rational decision-making models suggest capacity-limited concurrent motor planning in human posterior parietal and frontal cortex // *PLoS Comput. Biol.* 2022. V. 18. № 10. P. e1010585.
  38. *Venetsanou F., Kambas A.* Motor proficiency in young children: A closer look at potential gender differences // *SAGE Open.* 2016. V. 6. P. 1.
  39. *Navarro-Patón R., Lago-Ballesteros J., Arufe-Giráldez V. et al.* Gender differences on motor competence in 5-year-old preschool children regarding relative age //

- Int. J. Environ. Res. Public. Health. 2021. V. 18. № 6. P. 3143.
40. *De Bellis M.D., Keshavan M.S., Beers S.R. et al.* Sex differences in brain maturation during childhood and adolescence // *Cereb. Cortex.* 2001. V. 11. № 6. P. 552.
41. *Koolschijn P.C., Crone E.A.* Sex differences and structural brain maturation from childhood to early adulthood // *Dev. Cogn. Neurosci.* 2013. V. 5. P. 106.
42. *Kaczurkin A.N., Raznahan A., Satterthwaite T.D.* Sex differences in the developing brain: insights from multimodal neuroimaging // *Neuropsychopharmacology.* 2019. V. 44. № 1. P. 71.
43. *Lee D., Son T.* Structural connectivity differs between males and females in the brain object manipulation network // *PLoS One.* 2021. V. 16. № 6. P. e0253273.
44. *Shinohara I., Moriguchi Y.* Are there sex differences in the development of prefrontal function during early childhood? // *Dev. Psychobiol.* 2021. V. 63. № 4. P. 641.

## The Effectiveness of Detecting Thematic Relations of Objects in 3–6 Years Old Children

**A. V. Kurgansky<sup>a, b, \*</sup>, M. N. Zakharova<sup>a, c, d</sup>, D. D. Kayumov<sup>a</sup>, S. Yu. Antonova<sup>d</sup>**

<sup>a</sup>*Institute of Developmental Physiology of RAE, Moscow, Russia*

<sup>b</sup>*The Institute of Social Sciences, RANEP, Moscow, Russia*

<sup>c</sup>*Multidisciplinary Psychological Center “Territory of happiness”, Moscow, Russia*

<sup>d</sup>*Institute of Developmental Neuropsychology, Moscow, Russia*

\*E-mail: akurg@yandex.ru

In this work, the ability of preschoolers aged 3–6 to detect and understand the thematic connections of objects was assessed. Children (95 children; 53 girls and 42 boys) of four age groups of 3, 4, 5 and 6 years old (respectively, 17, 33, 18 and 27 children) solved two tasks aimed at the detection of thematic relations of objects within the framework of the standard “yes–no” procedure. In the first task, it was required to indicate whether the image of the shown object was relevant to a given context (the “object–context” task, O–C), and in the second – whether two objects were related thematically (the “object–object” task, O–O). A touch screen computer was used to present images and record motor responses. For each task, we measured the accuracy scores (the proportion of correct responses) and the delay in the motor response “yes” or “no” relative to the moment the image was presented (reaction time). Two components of the reaction time were analyzed separately: the duration of the latent phase and the duration of the overt movement towards the response button. With age, the accuracy of solving both tasks increased, and the time required to discover the thematic connection (reaction time) decreased. At the same time, the accuracy scores were lower, and the detection time was longer in the O–O task compared to the O–C. The gender of the child did not affect the accuracy value, and affected only the duration of the motor (but not the latent) phase of the motor response, and only in the O–O task. The data obtained show that (i) the O–O task is more difficult than the O–C task, and that this may be due to the necessity to activate the thematic links of two objects in the O–O task instead of just one, as in the O–C task, and (ii) the process of activation of thematic links probably does not end in the latent phase of the motor response and continues during its movement phase. The question of the extent to which the success and duration of the process of detecting the thematic links of objects can limit the success of cognitive planning in preschoolers aged 3–6 is also discussed.

*Keywords:* cognitive planning, thematic relations, preschool children.