

Александр Николаевич Савинов

Средняя школа № 18, ст. Мочище, Россия, sans07@mail.ru

Ольга Анатольевна Чикова

Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия, chik63@mail.ru

Валерий Васильевич Крашенинников

Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия, vkrash48@mail.ru

## ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ К ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМУ МЫШЛЕНИЮ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ<sup>1</sup>

*Аннотация.* В статье рассмотрена проблема измерения предрасположенности школьников к вычислительному мышлению в процессе изучения ими цифровых технологий в рамках проектной деятельности по созданию роботов. Описана структура модели измерения склонности, способности и восприимчивости к вычислительному мышлению. Обнаружена высокая степень гендерной зависимости респондентов для шкалы «склонность». Установлено, что обучение цифровым технологиям более всего способствует формированию у школьников склонности к вычислительному мышлению.

*Ключевые слова:* вычислительное мышление, сквозные цифровые технологии, предрасположенность к вычислительному мышлению.

Alexander N. Savinov

Secondary school No. 18, Mochishche station, Russia, sans07@mail.ru

Olga A. Chikova

Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia; Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, chik63@mail.ru

Valeriy V. Krasheninnikov

Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, vkrash48@mail.ru

## PREDISPOSITION OF SCHOOLCHILDREN TO COMPUTATIONAL THINKING WHEN STUDYING DIGITAL TECHNOLOGIES

*Abstract.* The article discusses the problem of measuring of the schoolchildren predisposition to computational thinking in the process of studying digital technologies in the framework of project activities for the robots creation. The structure of the model for measuring propensity, ability and susceptibility to computational thinking is described. A high degree of gender dependence of respondents for the “propensity” scale was found. It is established that teaching digital technologies most of all contributes to the formation of schoolchildren’ propensity for computational thinking.

*Keywords:* computational thinking, new digital technologies, predisposition to computational thinking.

Вычислительное мышление как навык XXI века применимо и полезно в повседневной жизни. Существует три измерения вычислительного мышления – вычислительные концепции, вычислительные практики и вычислительные перспективы. В последние годы наблюдается повышенный интерес исследователей и преподавателей к изучению того, как вычислительное мышление можно внедрить в школьное образование. В частности, известно множество эмпирических исследований в области развития вычислительного мышления при обучении программированию [1, 2]. В работе [3] показано, что изучение

информатики способствует развитию мышления, поскольку освоение программирования связано с построением различных алгоритмов. Е.К. Хеннер проанализировал понятие «вычислительное мышление» в сопоставлении результатов зарубежных исследований с родственными понятиями, которые используются в отечественной научно-педагогической литературе, и показал, что этот вид мышления является метапредметным результатом общего образования, связанным с формированием личностных и профессиональных качеств человека, живущего и работающего в информационном обществе [4].

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках исполнения государственного задания № 073-03-2022-037 от 13.01.2022 г. по проекту «Обучение сквозным технологиям в условиях персонализации образовательных траекторий школьников».

Н.Д. Берман понятие «вычислительное мышление» трактует как «мыслительные процессы (или навыки мышления человека), которые используют аналитические и алгоритмические подходы к постановке, анализу и решению задачи или проблемы» [5]. Анализируя понятие «вычислительное мышление» и элементы вычислительного мышления (абстракция, декомпозиция, обобщение, алгоритмы) в научно-прикладных аспектах, она отмечает важную роль вычислительного мышления (ВМ) в образовании – как концептуальную основу, необходимую для эффективного и действенного решения проблем с решениями, которые можно использовать повторно в разных контекстах (то есть алгоритмически, с помощью компьютеров или без них). Авторы придерживаются такого же понимания ВМ, поскольку данное определение подчеркивает, что ВМ – это, прежде всего, образ мышления и действий, который можно продемонстрировать посредством использования определенных навыков, которые затем могут стать основой для оценки навыков ВМ на основе результатов деятельности.

Основываясь на высказываниях V.J. Shute, C. Sun, J. Asbell-Clarke [6], можно разделить ВМ на шесть основных аспектов: декомпозиция, абстракция, разработка алгоритма, отладка, итерация и обобщение. Развитие навыков вычислительного мышления представляет собой новую образовательную задачу для нашего общества, как показано J.M. Wing [7]. ВМ стало одной из основных способностей большинства инженеров. ВМ включает в себя набор навыков, необходимых для преобразования реальных жизненных вызовов в способность формулирования проблемы. Затем для решения этих проблем используются компьютерные знания и навыки [8]. Сегодня ВМ считается одним из элементов компетенции и поэтому должно стать неотъемлемой частью аналитических способностей ребенка. Следовательно, ВМ необходимо добавить в учебный процесс школы, в сферу формального и неформального образования [9]. Обзор научно-методических работ по вычислительному мышлению за последнее десятилетие показал, что: 1) исследования вычислительного мышления – это новая область, которая экспоненциально выросла с 2013 года; 2) литература в этой области была создана в результате национального и международного сотрудничества исследователей нескольких учреждений и стран, в основном в Соединенных Штатах; 3) исследования вычислительного мышления в основном публикуются в журналах, специализирующихся на образовательных технологиях, и основываются на информации, полученной в образовании, информатике и социальных науках;

4) исследования сгруппированы по трем темам: интеграция вычислительного мышления в области STEM-образования (Science, Technology, Engineering, Mathematics), экспериментальные исследования по оценке навыков вычислительного мышления и обсуждение содержания этого понятия; 5) вычислительное мышление имеет общий характер формирующейся дисциплины, которая еще не созрела и будет развиваться в будущем [10]. Привлекает повышенное внимание концептуальная модель «Вычислительное мышление через программирование в образовании К-12», состоящая из шести областей (базы знаний, стратегии обучения, оценки, инструментов, факторов и наращивания потенциала) и их взаимосвязей и способствующая развитию навыков вычислительного мышления посредством программирования [11]. В работе [12] предложена модель проблемно-ориентированного обучения программированию на Python и навыкам вычислительного мышления.

С повышением внимания к вычислительному мышлению в образовании одновременно выросли потребности и интерес к изучению того, как оценивать навыки вычислительного мышления. По мере внедрения ВМ в образовательные системы во всем мире исследователи и учителя задают такие важные вопросы, как «чему учить» и «чему можно научиться». Изучены методы развития ВМ посредством программирования для учащихся К-9 (образовательная программа 9-летнего обучения, реализуемая в некоторых школах США и Западной Европы), для того чтобы дать ответы на эти вопросы. В качестве основы для определения ожидаемых навыков компьютерного обучения в К-9 принята концепция Brennan & Resnick. Brennan & Resnick описывают ключевые аспекты структуры вычислительного мышления: вычислительные концепции (концепции, с которыми дизайнеры взаимодействуют в процессе программирования, такие как итерация, параллелизм и т. д.), вычислительные практики (разработчики практик разрабатывают, когда они взаимодействуют с концепциями, такими как отладка проектов или переделка чужих работ), и вычислительные перспективы (взгляды, которые дизайнеры формируют о мире вокруг них и о себе) [13]. В работе Zhang & Nouri были выявлены дополнительные навыки компьютерного мышления, которые не охвачены структурой концепции Brennan & Resnick: ввод/вывод, чтение, интерпретация и передача кода, использование мультимодальных средств массовой информации, прогнозирующее мышление и взаимодействие человека с компьютером [14]. Результаты обзора [15] показывают: а) требуется больше оценок ВМ для старшеклассников, учащихся колледжей и программ

повышения квалификации учителей; б) большинство оценок ВМ сосредоточено на программировании или компьютерных навыках учащихся; в) традиционные тесты и оценки успеваемости часто используются для оценки навыков компьютерного мышления, опросы используются для измерения расположения студентов в области ВМ; г) необходимо собрать больше доказательств надежности и достоверности и сообщить о них в будущих исследованиях. Разработана первая психометрически подтвержденная методика оценки грамотности детей в начальных школах Китая в области ВМ «Оценка вычислительного мышления для китайских учеников начальной школы» (СТАСЕС). Ее пункты отражают ключевые аспекты ВМ: абстракция, алгоритмическое мышление, декомпозиция, оценка и распознавание образов [16]. Методы оценки ВМ школьников К-12 по 26 показателям были проанализированы в обзоре литературы, закодированы в соответствии с конкретными измеренными компетенциями и организованы в 3D-гибридную структуру шкалы ВМ [17]. Оценка навыков компьютерного мышления (КМ) возможна и с помощью двух инструментов, которые фиксируют ВМ: тест вычислительного мышления (СТt), тест производительности и шкалы вычислительного мышления (СТS), которые основаны на самооценке [18].

Следует отметить особенность изучения сквозных цифровых технологий, которая заключается в необходимости обладать способностью быстро переключаться на решение задач, обусловленных применением цифровых технологий в различных аспектах физических и технологических объектов и особенно с применением проектного обучения робототехнике. Это, в свою очередь, требует способностей к освоению разностороннего технического материала. В таком случае обучение должно быть ориентировано на интеграцию профессиональных технологий в среду обучения – подход, часто называемый улучшенным обучением с использованием технологий (TEL – technology enhanced learning). Обучение и преподавание с использованием технологий TEL были определены как «интеграция использования цифровых технологий в процесс обучения и преподавания для повышения качества обучения» [19]. В этом случае речь идет о мышлении более высокого порядка или мышлении более высокого уровня, что заключается в разработке и реализации учебных мероприятий, которые вовлекают учащихся в выполнение сложных когнитивных задач. Эти учебные мероприятия включают учебные материалы, учебные задачи, стратегии обучения и даже полные учебные программы (Bagarukayo E., Weide Th.P. van der Mbarika V.W., Kim M.S.) [20].

Цель данного исследования – выявление специфики предрасположенности к вычислительному мышлению школьников, дополнительно изучающих сквозные цифровые технологии в рамках проектного обучения робототехнике. Изучить связь данных школьника (пол, возраст, дополнительное обучение сквозным цифровым технологиям) с тремя теоретическими характеристиками мышления: склонности, способности и чувствительности.

Методология исследования специфики предрасположенности к вычислительному мышлению школьника, дополнительно изучающего сквозные цифровые технологии, основана на моделировании структурными уравнениями SEM (Structural Equation Modeling). Методология SEM использована для проведения конфирматорного и эксплораторного факторного анализа результатов измерения предрасположенности к вычислительному мышлению школьника, дополнительно изучающего сквозные цифровые технологии, с помощью адаптированной к русскоязычным респондентам модели опросника измерения предрасположенности к вычислительному мышлению, предложенной авторами [21], то есть не оценивались навыки вычислительного мышления, а оценивалась предрасположенность к этому виду мыслительной деятельности. Структура модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению основана на трех теоретических характеристиках предрасположенности к определенному виду мышления: склонности, способности и восприимчивости [21]. Трехфакторная структура модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению была извлечена с помощью исследовательского факторного анализа. Модель измерения предрасположенности к вычислительному мышлению была дополнительно проверена на группе из 99 учащихся 7–10-х классов с помощью подтверждающего факторного анализа с помощью моделирования структурными уравнениями (SEM). Критерии и шкала оценки трех теоретических характеристик предрасположенности к вычислительному мышлению: склонности, способности и обучаемости, основаны на методологии Likert [22]. Согласно методологии Likert, респондент представлял оценку в виде ответа на вопрос, насколько он согласен с утверждением. Использовались пять типов ответов: «согласен», «скорее согласен, чем нет», «трудно определить: согласен или нет», «скорее не согласен, чем согласен» и «не согласен». Соответствующие оценке числовые значения были выбраны как 5, 4, 3, 2, 1. Модель измерения предрасположенности к вычислительному мышлению, основанная на трех теоретических характеристиках предрасположен-

ности к определенному виду мышления: склонности, способности и восприимчивости, применялась для изучения специфики предрасположенности к вычислительному мышлению на группе из 99 респондентов (49 мужского пола и 50 – женского). Ими выступали учащиеся 7–11-х классов в возрасте 13–18 лет (по 16–17 респондентов в 6 возрастных группах), которые либо занимаются изучением сквозных цифровых технологий, либо нет. О каждом респонденте получены следующие данные (в ранжированном виде): пол (1 – м, 2 – ж), возраст (13–18 лет), факт дополнительного обучения сквозным цифровым технологиям (робототехнике, программированию, основам искусственного интеллекта) (О\_ЦТ: 2 – не обучался, 1 – обучался). Опрос респондентов проводился с использованием анкеты «Измерение предрасположенности к вычислительному мышлению у учащихся 7–11-х

классов». Анкета разработана авторами настоящего исследования на основе структурной модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению, описанной в работе [21]. Анкета с указанием спецификации переменных структурной модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению представлена в таблице 1. Критерии и шкала оценки основаны на методологии Likert, представленной McLeod [22]. Согласно методологии Likert, вопрос анкеты был представлен в виде утверждения и нескольких вариантов ответа, которые показывают, насколько респондент согласен с утверждением. При оценке использовалось пять типов ответов: «согласен», «скорее согласен, чем нет», «трудно определить: согласен или нет», «скорее не согласен, чем согласен» и «не согласен». Соответствующие оценке числовые значения были выбраны как 5, 4, 3, 2, 1.

Таблица 1

**Анкета «Измерение предрасположенности к вычислительному мышлению у учащихся 7–11-х классов» с указанием спецификации переменных структурной модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению**

Переменная	Наименование показателя/критерия
СКЛОН	Склонность к вычислительному мышлению
Ск_1в	Я хочу улучшить свои способности к обучению с помощью изучения робототехники
Ск_2в	Я хочу получить дополнительные знания по цифровым технологиям с помощью изучения робототехники
Ск_3в	Я хочу более эффективно изучать цифровые технологии, обучаясь робототехнике
Ск_4в	Я хочу научиться робототехнике, потому что это важно
Ск_5в	Я хочу научиться робототехнике, потому что это интересно
Ск_6в	Я хочу получить больше знаний и навыков в области робототехники
Ск_7в	Я хочу выразить свои идеи с помощью создания «умных» устройств или роботов
Ск_8в	Я хочу решить больше проблем при помощи «умных» устройств или роботов
СПОС	Способность к вычислительному мышлению
Сп_1в	С Lego или подобным конструктором научиться робототехнике легко
Сп_2в	Я могу использовать Lego или подобный конструктор для простого и независимого создания роботов
Сп_3в	Я легко могу научиться работать с робототехническим конструктором
Сп_4в	Я умею создавать роботов
Сп_5в	Для меня сконструировать робота не составляет труда
Сп_6в	Я буду настаивать на своем собственном плане конструирования, несмотря на критику
Сп_7в	Я уверен, что справлюсь с любыми проблемами при конструировании
Сп_8в	Я уверен в создании хороших роботов и устройств
Сп_9в	Я надеюсь, что учителя разработают для меня более сложные задания по робототехнике
Сп_10в	Я могу использовать знания по робототехнике, чтобы понимать проблемы реального мира
ВОСП	Восприимчивость к навыкам вычислительного мышления
Во_1в	Я знаю, что использование готовых программ для робота может помочь мне разрабатывать более сложные устройства
Во_2в	Я понимаю программу для робота как целостную структуру, в которой небольшое изменение повлияет на всю структуру программы

Во_3в	Я знаю, что разработка алгоритма работы робота включает в себя планирование, а также шаги и инструкции по устранению неполадок
Во_4в	Я знаю, как связать новые задачи конструирования робота с приобретенными знаниями
Во_5в	Я знаю, что для успешного создания алгоритма работы робота требуется несколько циклов проверки его работы
Во_6в	Я знаю, что при проектировании робота важно сконцентрироваться на решении основной проблемы
Во_7в	Я знаю, что при создании алгоритма работы робота важно найти и использовать аналогичные алгоритмы
Во_8в	Я знаю, что будет легче понять и решить проблему, если разбить ее на этапы
Во_9в	Я знаю, что на ошибках нужно учиться
Во_10в	Я знаю, что можно найти подходящее решение на основе предыдущего опыта

Цифровыми инструментами статистической обработки эмпирических данных были SPSS и модуль AMOS, работающий на базе SPSS [23]. В отчетах по SEM для каждой модели сообщены  $\chi^2$  (CMIN), число степеней свободы (DF), сравнительный индекс согласия (CFI), уровень значимости (p), квадратный корень из среднеквадратической ошибки аппроксимации (RMSEA).

Описательная статистика по результатам измерения предрасположенности к вычислительному мышлению школьников, основанная на

трехфакторной модели теоретических характеристик предрасположенности к определенному виду мышления: склонности, способности и восприимчивости [21], представлена в таблице 2. Все значения асимметрии результатов измерения предрасположенности к вычислительному мышлению (шкалы «склонность», «способность», «восприимчивость» и интегральный показатель) находятся в диапазоне допустимости (от -1 до +1), показатель эксцесса выходит за порог 1, но не превышает 2, что допустимо [24].

Таблица 2

**Описательная статистика по данным респондентов и результатам измерения предрасположенности к вычислительному мышлению школьников**

Переменная	Диапазон	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение	Дисперсия	Асимметрия	Эксцесс
Пол	1,00	1,00	2,00	1,5000	,50252	,253	,000	-2,041
Возраст	6,00	12,00	18,00	15,0500	1,38078	1,907	,120	-,826
О_ЦТ	1,00	1,00	2,00	1,7700	,42295	,179	-1,303	-,309
Ск_1в	4,00	1,00	5,00	2,9900	1,41774	2,010	-,025	-1,227
Ск_2в	4,00	1,00	5,00	3,1900	1,44736	2,095	-,258	-1,255
Ск_3в	4,00	1,00	5,00	3,0300	1,38137	1,908	-,102	-1,186
Ск_4в	4,00	1,00	5,00	2,8200	1,32100	1,745	,071	-1,113
Ск_5в	4,00	1,00	5,00	3,3400	1,51237	2,287	-,420	-1,257
Ск_6в	4,00	1,00	5,00	3,2700	1,44148	2,078	-,384	-1,147
Ск_7в	4,00	1,00	5,00	2,6800	1,39899	1,957	,253	-1,171
Ск_8в	4,00	1,00	5,00	3,0600	1,46211	2,138	-,185	-1,334
Сп_1в	4,00	1,00	5,00	3,6300	1,37551	1,892	-,634	-,861
Сп_2в	4,00	1,00	5,00	3,4800	1,37422	1,888	-,565	-,880
Сп_3в	4,00	1,00	5,00	2,9500	1,36608	1,866	-,151	-1,223
Сп_4в	4,00	1,00	5,00	1,8400	1,16098	1,348	1,228	,491
Сп_5в	4,00	1,00	5,00	2,1800	1,28220	1,644	,858	-,251
Сп_6в	4,00	1,00	5,00	2,7800	1,44656	2,093	,067	-1,385
Сп_7в	4,00	1,00	5,00	2,5400	1,34405	1,806	,410	-,995
Сп_8в	4,00	1,00	5,00	2,5500	1,38808	1,927	,276	-1,162

Сп_9в	4,00	1,00	5,00	2,2200	1,33772	1,789	,775	-,613
Сп_10в	4,00	1,00	5,00	2,9700	1,50054	2,252	-,094	-1,412
Во_1в	4,00	1,00	5,00	3,3900	1,45571	2,119	-,569	-1,035
Во_2в	4,00	1,00	5,00	2,9100	1,47775	2,184	,062	-1,343
Во_3в	4,00	1,00	5,00	3,6100	1,42768	2,038	-,747	-,734
Во_4в	4,00	1,00	5,00	2,6500	1,39534	1,947	,287	-1,123
Во_5в	4,00	1,00	5,00	3,6500	1,50000	2,250	-,772	-,846
Во_6в	4,00	1,00	5,00	3,5500	1,43812	2,068	-,664	-,896
Во_7в	4,00	1,00	5,00	3,4000	1,36330	1,859	-,517	-,830
Во_8в	4,00	1,00	5,00	3,9300	1,37991	1,904	-1,072	-,113
Во_9в	4,00	1,00	5,00	4,3300	1,27172	1,617	-1,820	1,948
Во_10в	4,00	1,00	5,00	4,3000	1,17637	1,384	-1,785	2,229
СКЛОН	32,00	8,00	40,00	24,3800	10,06221	101,248	-,228	-1,052
СПОС	40,00	10,00	50,00	27,1400	10,20301	104,101	,035	-,798
ВОСП	40,00	10,00	50,00	35,7200	10,56111	111,537	-1,066	,320
ПР_ВМ	112,00	28,00	140,00	87,2400	27,89921	778,366	-,473	-,569

Коэффициенты корреляции, подсчитанные для определения связей между различными показателями предрасположенности к вычислительному мышлению (шкалы «склонность» (СКЛОН), «способность» (СПОС), «восприимчивость» (ВОСП) и интегральный показатель (ПР\_ВМ), и данными респондентов (пол, возраст, обучение робототех-

нике) (см. табл. 3), показали, что все показатели предрасположенности к вычислительному мышлению слабо положительно коррелируют с полом респондентов ( $r = 0,175-0,309$ ) и фактом обучения робототехнике, программированию или подобным дисциплинам (О\_ЦТ) ( $r = 0,236-0,369$ ) на уровне высокой статистической значимости ( $p = 0,05$ ).

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции (по Пирсону) между данными респондентов (пол, возраст, обучение робототехнике) и результатами измерения предрасположенности к вычислительному мышлению**

Показатели	Пол	Возраст	О_ЦТ	СКЛОН	СПОС	ВОСП	ПР_ВМ
Пол	1	-,109	,309**	-,206*	-,305**	-,175	-,252*
Возраст	-,109	1	,037	,064	,021	,060	,053
О_ЦТ	,309**	,037	1	-,236*	-,369**	-,272**	-,323**
СКЛОН	-,206*	,064	-,236*	1	,791**	,678**	,907**
СПОС	-,305**	,021	-,369**	,791**	1	,719**	,923**
ВОСП	-,175	,060	-,272**	,678**	,719**	1	,886**
ПР_ВМ	-,252*	,053	-,323**	,907**	,923**	,886**	1

Примечание к таблице

Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).\*\*

Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя)\*

Альфа Кронбаха принимает значение 0,965, что означает высокую внутреннюю согласованность ответов респондентов по всем пунктам опросника [24].

Проведен конфирматорный (подтверждающий) факторный анализ трехфакторной модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению, предполагающей наличие 28 утверждений, составляющих три итоговых показателя: шкала «склонность» (F1), шкала «способность» (F2), шкала «восприимчивость» (F3). Экзогенными пере-

менными модели считали ответы респондентов на вопросы модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению (см. табл. 1). Отношения между независимыми экзогенными переменными и латентными переменными (факторы F1... F3) изображены с помощью инструментов модуля AMOS (см. рис. 1).

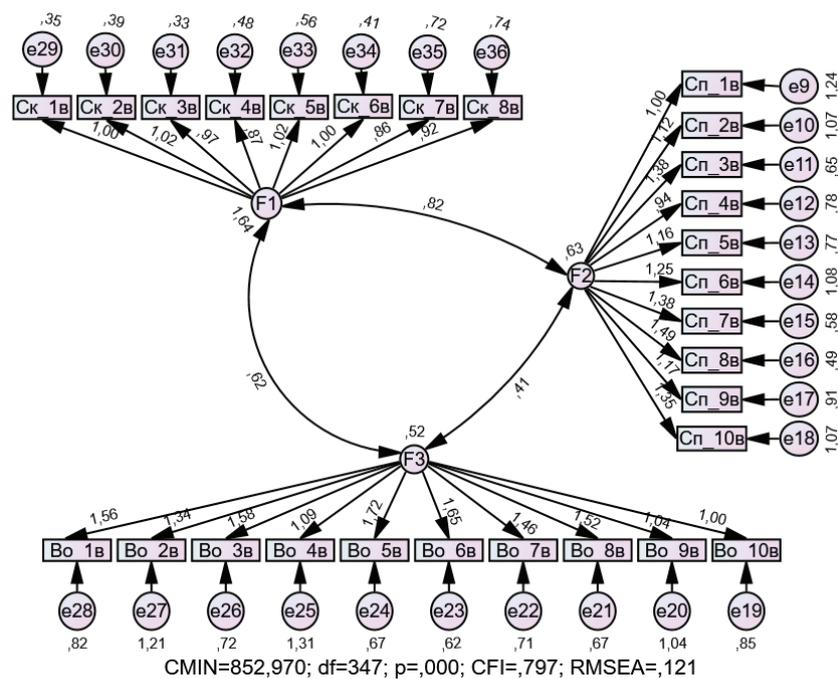


Рис. 1. Результаты оценки стандартизированных весовых коэффициентов для модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению, предполагающей наличие 28 утверждений, составляющих три итоговых показателя: шкала «склонность» (F1), шкала «способность» (F2), шкала «восприимчивость» (F3)

Все 28 экзогенных переменных однонаправленно связаны с латентными переменными. Латентные переменные (факторы F1...F3) двунаправленно связаны друг с другом (см. рис. 1). Между шкалой «склонность» (F1) и шкалой «способность» (F2) ковариация имеет значение, равное 0,82; между шкалой «склонность» (F1) и шкалой «восприимчивость» (F3) ковариация имеет значение, равное 0,89; между шкалой «способность» (F2) и шкалой «восприимчивость» (F3) ковариация имеет значение, равное 0,41.

Анализ модели (рис. 1) показал, что модель является приемлемой: отношение  $\chi^2$  к числу степеней свободы  $df$  более двух, сравнительный индекс согласия CFI оказался равен 0,798, квадратный корень из среднеквадратической ошибки аппроксимации RMSEA = 0,122, что указывает на хорошее согласие модели. Результаты конфирматорного (подтверждающего) факторного анализа трехфакторной модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению позволяют провести эксплораторный (исследовательский) факторный анализ эмпирических данных и изучить специфику предрасположенности к вычислительному мышлению школьников.

С помощью моделирования структурными уравнениями (SEM) проведен эксплораторный (исследовательский) факторный анализ модели вза-

имодействия между данными респондентов (пол, возраст, обучение проектированию робототехники) и результатами измерения модели измерения предрасположенности к вычислительному мышлению, предполагающей наличие 28 утверждений, составляющих: а – три итоговых показателя: шкала «склонность» (F1), шкала «способность» (F2) и шкала «восприимчивость» (F3) (см. рис. 2).

Из представленных данных видно, что существует специфика предрасположенности к вычислительному мышлению школьников, дополнительно изучающих сквозные цифровые технологии. Обнаружена высокая степень гендерной зависимости респондентов для шкалы «склонность» (F1): склонность к вычислительному мышлению значительно выше у школьников мужского пола ( $r = 0,47$ ).

Зависимость показателей шкал «склонность» (F1), «способность» (F2), «восприимчивость» (F3) от возраста респондентов не значительна. Установлено, что показатель шкалы «способность» (F2) сильнее всего положительно связан с обучением робототехнике: обучение цифровым технологиям более всего способствует формированию у школьников склонности к вычислительному мышлению ( $r = 0,74$ ), в меньшей мере – способности к ВМ ( $r = 0,33$ ), а восприимчивости к ВМ – еще в меньшей мере ( $r = 0,24$ ).

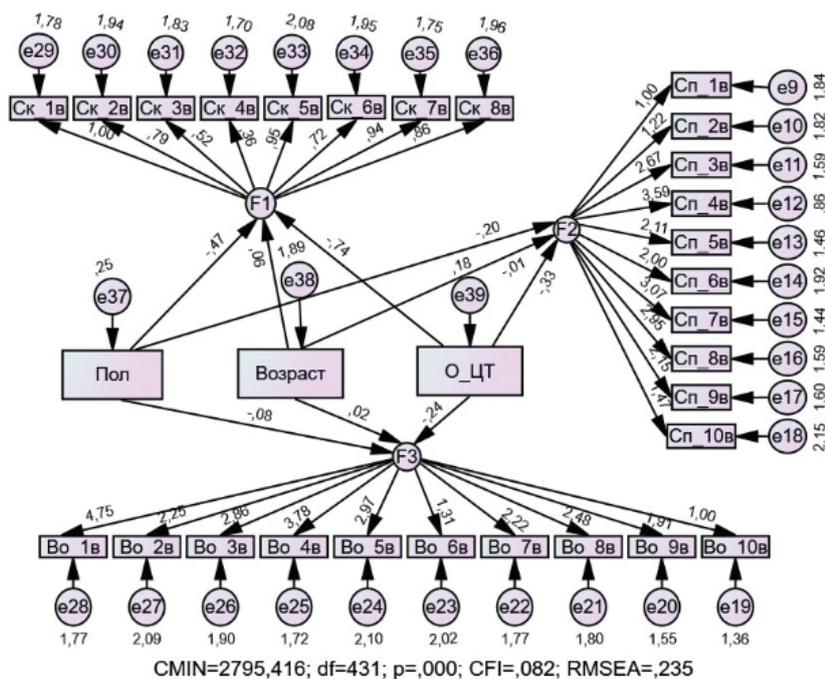


Рис. 2. Результаты оценки стандартизованных весовых коэффициентов для структурной модели эксплораторного факторного анализа взаимодействия между данными респондентов (пол, возраст, обучение робототехнике) и результатами измерения модели измерения predisposition к вычислительному мышлению, предполагающей наличие 28 утверждений, составляющих: а – три итоговых показателя шкалы «склонность» (F1), шкалы «способность» (F2), шкалы «восприимчивость» (F3)

На основе исследований связи данных школьника (пол, возраст, дополнительное обучение сквозным цифровым технологиям) и трех теоретических характеристик склонностей мышления: склонности, способности и восприимчивости, можно сделать следующие выводы: склонность к вычислительному мышлению может существенно формироваться в процессе обучения цифровым технологиям и выше

у школьников мужского пола, способность может развиваться в процессе обучения цифровым технологиям в рамках проектного обучения робототехнике.

Полученные данные могут быть использованы педагогами при формировании индивидуальной траектории обучения школьников сквозным цифровым технологиям как в сфере школьного, так и дополнительного образования.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Lye S. Y., Koh J. H. L. Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? // *Computers in Human Behavior*. 2014. Vol. 41. P. 51–61. DOI 10.1016/j.chb.2014.09.012.
2. Босова Л. Л. Программирование как инструмент формирования вычислительного мышления обучающихся // *Информатика в школе*. 2020. № 10 (163). С. 4–10. DOI 10.32517/2221-1993-2020-19-10-4-10.
3. Каган Э. М. Обучение программированию как подход к развитию логического, абстрактного и вычислительного мышления у школьников // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования*. 2017. Т. 14, № 4. С. 442–451. DOI 10.22363/2312-8631-2017-14-4-442-451.
4. Хеннер Е. К. Вычислительное мышление // *Образование и наука*. 2016. № 2 (131). С. 18–33. DOI 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33.
5. Берман Н. Д. Формирование вычислительного мышления в процессе обучения студентов вуза // *Russian Journal of Education and Psychology*. 2020. Vol. 11, No. 1. P. 16–19. DOI 10.12731/2658-4034-2020-1-16-19.
6. Shute V. J., Sun C., Asbell-Clarke J. Demystifying computational thinking // *Educational Research Review*. 2017. Vol. 22. P. 142–158. DOI 10.1016/j.edurev.2017.09.003.
7. Wing J. M. Computational thinking and thinking about computing // *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2008. Vol. 366. No. 1881. P. 3717–3725. DOI 10.1098/rsta.2008.0118.
8. Kumar K., Zindani D., Davim J. P. Introduction to Digital Thinking // *Springer Briefs in Applied Sciences and Technology*. Book Chapter. 2020. P. 51–58. DOI 10.1007/978-3-030-31359-3\_4.

9. Kumar K., Zindani D., Davim J. P. Digital Thinking in Education // Springer Briefs in Applied Sciences and Technology. Book Chapter. 2020. P. 59–67. DOI 10.1007/978-3-030-31359-3\_5.
10. Tekdal M. Trends and development in research on computational thinking // Education and Information Technologies. 2021. Vol. 26. No. 5. P. 6499–6529. DOI 10.1007/s10639-021-10617-w.
11. Tikva C., Tambouris E. Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature Review // Computers and Education. 2021. Vol. 162, No. 104083. DOI 10.1016/j.compedu.2020.104083.
12. Bai H., Wang X., Zhao L. Effects of the Problem-Oriented Learning Model on Middle School Students' Computational Thinking Skills in a Python Course // Frontiers in Psychology. 2021. Vol. 127, No. 771221. DOI 10.3389/fpsyg.2021.771221.
13. Brennan K., Resnick M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking // In Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, BC, Canada. 2012. 13–17 April. P. 25.
14. Zhang L., Nouri J. A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9 // Computers and Education. 2019. Vol. 141, No. 103607. DOI 10.1016/j.compedu.2019.103607.
15. Tang X., Yin Y., Lin Q. Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies // Computers and Education. 2020. Vol. 148, No. 103798. DOI 10.1016/j.compedu.2019.103798.
16. Li Y., Xu S., Liu J. Development and Validation of Computational Thinking Assessment of Chinese Elementary School Students // Journal of Pacific Rim Psychology. 2021. Vol. 15. DOI 10.1177/18344909211010240.
17. Adams C., Cutumisu M., Lu C. Measuring K-12 Computational Thinking Concepts, Practices and Perspectives: An Examination of Current CT Assessments // Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, In K. Graziano (Ed.). 2019. P. 275–285. Las Vegas, NV, United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
18. Guggemos J., Seufert S., Román-González M. Measuring computational thinking - Adapting a performance test and a self-assessment instrument for German-speaking countries // 16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, CELDA 2019. P. 183–191. DOI 10.33965/celda2019\_201911023.
19. Law N., Niederhauser D. S., Christensen R. A multilevel system of quality technology-enhanced learning and teaching indicators // Journal of Educational Technology & Society. 2016. Vol. 19 (3). P. 72–83.
20. Bagarukayo E., Weide Th. P. van der Mbarika V. W. The impact of learning driven constructs on the perceived higher order cognitive skills improvement: Multimedia vs. Text // International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology. 2012. Vol. 8 (2). P. 120–130.
21. Jong M. S., Geng J., Chai C. S. Development and predictive validity of the computational thinking disposition questionnaire // Sustainability (Switzerland). 2020. Vol. 12 (111), No. 4459. DOI 10.3390/su12114459.
22. McLeod S. A. Likert Scale Definition, Examples and Analysis. URL: <https://www.simplypsychology.org/likert-scale.html> (дата обращения: 08.03.2022).
23. Наследов А. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2013. 416 с.
24. Наследов А. Д. SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. СПб.: Питер, 2005. 416 с.

*Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 17.06.2022; принята к публикации 07.07.2022.*

*The article was submitted 10.03.2022; approved after reviewing 17.06.2022; accepted for publication 07.07.2022.*