

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ НА ОСНОВЕ УЧЕТА КОГНИТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Беленко А.Г.¹, Подходова Н.С.¹

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, e-mail: belenko-ag@ranepa.ru, podhodova@gmail.com

Процесс обучения, согласно обновленным образовательным стандартам, должен строиться на основе системно-деятельностного и личностно ориентированного подходов. Последний ориентирован на учет личностных особенностей обучающихся. Что касается математики, то это мыслительные когнитивные особенности. На этапах диагностики и контроля в основном внимание уделяется сложности задачи. В статье представлена система адаптивного тестирования, разработанная впервые на основе учета когнитивных особенностей учащихся, в частности приоритетной для ученика стратегии кодирования информации (или формы представления информации). Эти адаптивные тесты могут предлагаться при изучении разных тем математики на этапах диагностики и контроля. Описываются принципы разработки данной системы: структурности, направленности на понимание, психологической адаптации, перекодирования, постепенного усложнения. Согласно первому принципу структуры система включает 5 блоков: психолого-диагностический, концептуальный, процессуальный, нормативный, комбинированный. Блоки отличаются наличием или отсутствием приоритетной формы представления информации, требования перекодирования информации, количеством использованных в задании форм представления информации, что фактически является реализацией остальных принципов. На основе этих принципов выделены уровни сложности тестовых заданий. Апробация данной системы показала положительное влияние разработанных тестовых заданий на результативность усвоения учебного материала.

Ключевые слова: система адаптивного тестирования, тестовые задания, когнитивные особенности обучающихся, стили кодирования информации.

PRINCIPLES OF DEVELOPING A SYSTEM OF ADAPTIVE TESTING IN MATHEMATICS BASED ON THE COGNITIVE FEATURES OF STUDENTS

Belenko A.G.¹, Podkhodova N.S.¹

¹ Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, e-mail: belenko-ag@ranepa.ru, podhodova@gmail.com

The learning process should be built on the basis of system-activity and student-centered approaches according to the updated educational standards. The latter is focused on taking into account the personal characteristics of students. As for mathematics, these are cognitive features. At the stages of diagnostics and control, mainly attention is paid to the complexity of the task. The article presents an adaptive testing system developed on the basis of taking into account the cognitive characteristics of students, in particular, the priority strategy for the student of encoding information (or the form of information presentation). These adaptive tests can be offered when studying various topics of mathematics at the stages of diagnosis and control. The principles of the development of this system are described: structure, focus on understanding, psychological adaptation, recoding, gradual complication. According to the first principle, the structure of the system includes 5 blocks: psychological and diagnostic, conceptual, procedural, normative, combined. The blocks differ in the presence or absence of a priority form of information presentation, the requirement for information recoding, the number of information presentation forms used in the task, which in fact is the implementation of other principles. On the basis of these principles, the levels of complexity of are distinguished. Approbation of this system showed a positive impact of the developed test tasks on the effectiveness of mastering the educational material.

Keywords: adaptive testing system, test tasks, students' cognitive features, styles of information coding.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-29-14080 мк). Проект финансирования - «Электронная система адаптивного тестирования образовательных результатов по математике, информатике и предметам естественно-научного цикла на основе когнитивных особенностей обучающихся».

На современном этапе развития образования в учебном процессе возрастает роль дистанционных технологий и самостоятельной работы обучающихся. В связи с этим проблема создания быстрой и эффективной организации системы диагностики и контроля усвоенных знаний, умений является актуальной. Потребность пересмотра традиционных форм, методов диагностики и контроля знаний, необходимость учета личности ученика, его индивидуальных особенностей привели к развитию адаптивного тестирования. Создание системы адаптивного тестирования требует понимания самого понятия «адаптивное тестирование». Существуют различные трактовки этого понятия.

Анализ литературы, посвященной проблеме создания и применения адаптивных тестов, показал, что традиционно под адаптивным тестом понимают систему тестовых заданий, с известными параметрами сложности и дифференцирующей способностью, при этом каждый следующий вопрос адаптивного теста зависит от уровня знаний тестируемого [1, с. 62; 2, с. 17; 3].

Исходя из рассмотренных определений адаптивного теста, можно отметить, что адаптивное тестирование позволяет учитывать не только уровень знаний учеников, но и скорость выполнения заданий, последовательность выполнения, а также другие заданные характеристики, такие как индивидуальные особенности. Ряд исследований подтверждают, что учет индивидуальных особенностей обучающихся, в частности когнитивных особенностей, влияет на качество и успешное овладение материалом [4; 5]. В этом заключаются основные преимущества адаптивного тестирования по сравнению с традиционным, которое выполняет только контролирующую функцию.

Цель исследования: проанализировать существующие различные подходы к построению системы адаптивного тестирования и разработать систему, построенную на основе учета индивидуальных когнитивных особенностей обучающихся.

Материалы и методы исследования. В качестве методов исследования были использованы анализ и обобщение научной литературы, посвященной различным подходам к построению адаптивного тестирования и возможностям учета индивидуальных особенностей обучающихся при диагностике образовательных результатов, а также результаты проведенных ранее авторами статьи исследований по отдельным аспектам проблемы разработки системы адаптивного тестирования на основе учета когнитивных особенностей обучающихся.

Существует достаточно много различных точек зрения на построение систем адаптивного тестирования и адаптивных тестов. Так, например, Альтиментова Д.Ю. и Гнадский Н.И. выделяют два подхода к формированию тестовых заданий, различающихся последовательностью, в которой учащиеся получают тестовые задания: двухшаговая

технология предполагает, что все учащиеся проходят единый тест с целью определения и дифференциации уровня знаний. Затем, исходя из результатов, с учетом дифференциации, организуется процесс обучения и адаптивные тесты; многошаговая технология предполагает многократное использование адаптивного тестирования, когда каждый учащийся в зависимости от результатов выполнения различных наборов теста может двигаться по своему индивидуальному образовательному маршруту [6]. Шамсутдинова Т.М. предлагает блочную структуру адаптивного теста: блок образовательного контента (учебный материал по видам учебных занятий), блок контроля знаний, умений, навыков (содержит в себе задания для диагностики текущего уровня сформированности компетенций обучающихся, методы итоговой оценки и критерии оценивания), коммуникативный блок (диалог с преподавателем), блок рефлексии [7].

Симченко Н.Н. предлагает несколько вариантов алгоритмов адаптивного тестирования, которые различаются методами подбора каждого последующего задания теста: на основе информации о сложности последнего задания и правильности его решения либо на основе комбинированной сложности всех ранее решенных тестовых заданий [8].

Рассмотренные подходы к конструированию адаптивных тестов позволяют сделать вывод, что нет единого мнения о том, на основании каких критериев должна быть построена система заданий, нужно ли учитывать специфику предмета при разработке системы адаптивного теста. Кроме того, ни в одном из подходов не учитывается основная функция адаптивного теста, а именно, нет учета индивидуальных особенностей обучающихся, кроме уровня усвоения учебного материала. В то же время в современной теории обучения обосновано, что технология адаптивного тестирования является основным инструментом реализации принципа индивидуализации на этапе контроля знаний [1; 9, с. 217].

Одним из авторов данной статьи на первом этапе исследования по рассматриваемой проблеме и было показано, что умение представлять материал различными способами кодирования и переходить от одного способа к другому является необходимым условием для обеспечения понимания информации [10], что соответствует специфике адаптивных материалов. На втором этапе исследования [11] Чибичян М.С. и В.И. Снегуровой была рассмотрена возможность учета специфики математического содержания при составлении адаптивных тестов, а именно возможность представить математический объект в графической, символической и вербальной форме (стили кодирования информации). И уже на современном этапе исследования [12] авторы обосновали результативность использования стилизованных особенностей обучающихся для конструирования адаптивных тестов по математике. Исследование показало, что существует взаимосвязь между успешностью решения задач по

математике с определенным индивидуальным стилем обучения и способом представления выбранной задачи.

Адаптивный тест является формой тестирования, одной из функций которого является отслеживание продвижения ученика. Поэтому при разработке тестовых заданий необходимо правильно определить их уровень сложности. Различные подходы к определению уровней сложности тестовых заданий проанализированы авторами в статье [13]. Учет когнитивных особенностей при разработке адаптивного тестирования повлиял и на выделение оснований для определения уровней сложности.

Результаты исследования и их обсуждение. На основе проведенных ранее этапов исследования была разработана система адаптивного тестирования, построенная на основе учета когнитивных особенностей учащихся. В основу разработки были положены 5 принципов: структурности, направленности на понимание, психологической адаптации, перекодирования, постепенного усложнения. Принцип структурности реализован в построении системы, которая включает пять блоков: диагностический; концептуальный; процессуальный; нормативный; комбинированный блок [14]. Кратко суть каждого опишем ниже. Принцип направленности на понимание реализуется через включение задач, содержащих разные формы представления информации, установление связей между ними (комбинированный и процессуальный блоки). Принцип психологической адаптации реализован через выявление индивидуальных когнитивных особенностей учащихся в диагностическом блоке и построение заданий концептуального и процессуального блока на базе выявленных особенностей. Принцип перекодирования реализован в требовании перехода от одной формы представления информации к другой в заданиях процессуального блока. Принцип постепенного усложнения отражен в выделении 4 уровней сложности тестовых заданий: входной, базовый, продуктивный, углубленный, в основе выделения которых лежат когнитивные особенности учащихся и особенности учебного материала по математике:

- стиль кодирования информации, количество стилей и наличие (отсутствие) требования перевода из одного стиля кодирования в другой;
- специфика деятельности при работе с информацией;
- применение материала для решения задач из реальной жизни.

Охарактеризуем кратко суть блоков.

0. Диагностический блок направлен на психологическую диагностику, авторы его обозначили как нулевой. В рамках этого блока определяется, какая из форм представления информации является для обучающегося приоритетной. Результаты, полученные в этом блоке, определяют *приоритетную стратегию для ученика (образно-графическую (O), символную (C), вербальную (B))*. Остальные 4 блока предполагают решение математических задач.

Именно в приоритетной стратегии предлагаются задания в I блоке, и с соответствующей формы представления информации осуществляются преобразования в заданиях II блока.

При разработке I - IV блоков структуры адаптивного теста были учтены три основания: типология и специфика математических задач; уровни сложности задач; индивидуальные особенности учеников, а именно: стили кодирования информации.

I. Концептуальный блок. Ориентирован на усвоение теоретических компонентов темы (понятий и утверждений). Все теоретические компоненты темы пронумерованы. В блоке предлагаются задания первого (входного) уровня сложности. Индекс задания соответствует номеру теоретического компонента, на проверку усвоения которого оно направлено. Для решения заданий требуется узнавание известной информации. Задания представлены одним способом кодирования. В зависимости от результатов, полученных при психологической диагностике, ученику предлагается решить все задания, которые возможно представить в приоритетной для него стратегии (способе, форме представления). Но не любой учебный материал по математике может быть представлен в том или ином способе кодирования. После решения всех возможных заданий приоритетной стратегии обучающемуся предлагается решить задачи в другой стратегии под индексами, которые не встретились в приоритетной (если и в этом случае не все задания возможно представить нужным способом, то предлагаются задания в третьей стратегии с недостающими индексами). Таким образом, все ученики выполняют одинаковое количество заданий на все теоретические компоненты. Подсчитывается процент правильно выполненных заданий. Обучающемуся предъявляется результат, на основании которого предлагается изучение материала в соответствии с теоретическими компонентами тех заданий, где он допустил ошибку.

II. Процессуальный блок. Блок предполагает проверку умений, которыми должен овладеть ученик после изучения темы. Включает в себя задания второго (базового) уровня сложности. Это задачи, в которых требуется либо воспроизведение информации, либо ее применение по готовому алгоритму. Все основные умения рассматриваемой темы пронумерованы. На каждое из них предлагается задание на перекодирование из приоритетной формы в менее приоритетную и в противоположную. То есть освоение каждого основного умения проверяется через два задания на перекодирование. В случае если проверку какого-либо умения невозможно начать с перекодирования в приоритетной для ученика форме представления, ему предлагается (после всех заданий приоритетной стратегии) задание на это же умение, но в другой форме представления. Так же как и в концептуальном блоке, ученику предлагается изучение теоретического материала по тем умениям, в которых он допустил ошибку. На схеме представлено, как может выглядеть система адаптивных тестов процессуального блока.

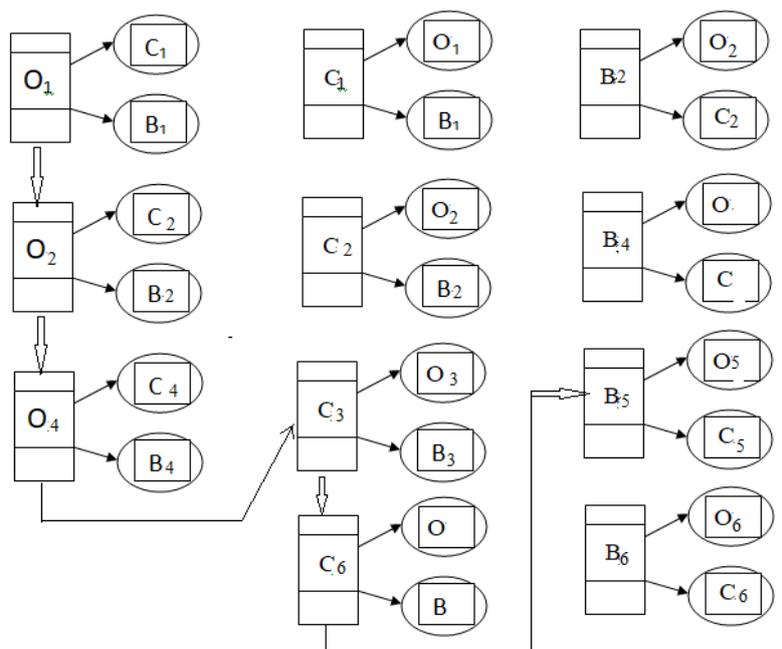


Рис. 1. Схема процессуального блока

III. Нормативный блок. Включает задания второго и третьего (продуктивного) уровня сложности. Третий уровень сложности содержит задания, требующие применения знаний/умений в знакомой ситуации, отличающейся от образца, либо незнакомой ситуации, но с известным алгоритмом решения. Эти задания соответствуют заданиям ОГЭ или ЕГЭ в зависимости от возраста учеников. В этом блоке система работает, как большинство систем адаптивного тестирования: предлагает решающему задания разного уровня сложности в зависимости от выполнения им предыдущего задания.

IV. Комбинированный блок. Включает задания третьего уровня сложности. Содержит задания, в которых присутствуют все три способа представления информации. Эти задания преимущественно являются тестами открытого типа.

Приведем примеры адаптивных тестов в разных формах представления из первого и второго блоков по теме «Степенная функция».

Концептуальный блок

Проверяемые понятия и свойства:

1. Понятие функции.
2. Свойства функции.
3. Понятие степенной функции.
4. Понятие функции вида $y = \frac{k}{x}$.

Образная стратегия

Задание O₁

На каком рисунке соответствие между двумя множествами, изображенное стрелками, является функцией?

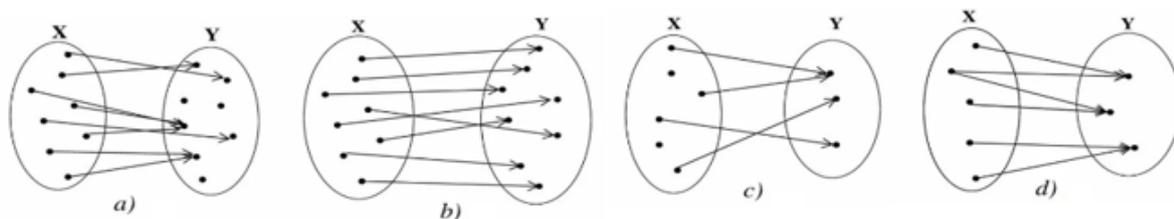


Рис. 2. Соответствие между множествами X и Y

Ответ: а, в.

Символьная стратегия

Задание C₂

Дана функция $y = \sqrt{x}$. Запишите D(y) и E(y) интервалами (символически).

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1) D(y) = (0; + ∞), E(y) = (0; + ∞) | 3) D(y) = [0; + ∞), E(y) = (-∞; + ∞) |
| 2) D(y) = [0; + ∞), E(y) = [0; + ∞) | 4) D(y) = (-∞; + ∞), E(y) = [0; + ∞) |

Ответ: 2.

Вербальная стратегия

В4

Выберите утверждения, которые описывают свойства функции обратной пропорциональности с положительным коэффициентом:

- 1) определена при всех значениях аргумента
- 2) принимает все действительные значения, кроме нуля
- 3) убывает на всей области определения
- 4) возрастает на всей области определения
- 5) графиком является гипербола

Ответ: 2, 3, 5.

Процессуальный блок

Умения:

1. Строить график степенной функции $y = x^r$ и описывать ее свойства.
2. Строить график функции вида $y = \frac{k}{x}$ и описывать ее свойства.

Из образной стратегии

O₁ → C

На рисунке изображен график некоторой степенной функции.

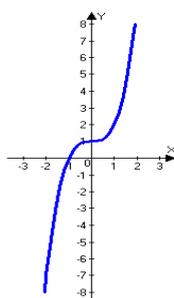


Рис. 3. График степенной функции

Задайте эту функцию аналитически и опишите ее свойства. Выберите верный вариант ответа.

- 1) $y = x^2$, $D(y) = (-1; +\infty)$, $E(y) = (-\infty; +\infty)$, $y \uparrow$ на $x \in (-\infty; +\infty)$
- 2) $y = x^3$, $D(y) = (-\infty; +\infty)$, $E(y) = (1; +\infty)$, $y \downarrow$ на $x \in (-\infty; +\infty)$
- 3) $y = x^3 + 1$, $D(y) = (-\infty; +\infty)$, $E(y) = (-\infty; +\infty)$, $y \uparrow$ на $x \in (-\infty; +\infty)$
- 4) $y = x^3 - 1$, $D(y) = (-\infty; +\infty)$, $E(y) = (-\infty; +\infty)$, $y \downarrow$ на $x \in (-\infty; +\infty)$

Ответ: 3.

$O_I \rightarrow B$

На рисунке изображен график некоторой степенной функции.

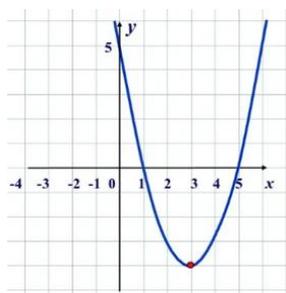


Рис. 4. График степенной функции

Выберите утверждение, соответствующее словесному описанию данной функции:

- 1) график функции - гипербола, убывает на промежутке от 1 до 5, пересекает ось ординат в точке с координатой (0;5), а областью определения является промежуток от -4 до $+\infty$
- 2) график функции - парабола $y = x^2$, сдвинута на 4 единицы вниз и на 3 единицы вправо
область определения функции – все множество действительных чисел
множество значений функции – промежуток от -4 до $+\infty$, функция возрастает на всей области определения
- 3) график функции – парабола $y = x^2$, сдвинута на 4 единицы вниз и на 3 единицы вправо,
область определения функции – все множество действительных чисел, множество значений функции – промежуток от -4 до $+\infty$, функция убывает на промежутке от $-\infty$ до 3

Ответ: 3.

Комбинированный блок

Функция обратной пропорциональности задана таблично.

x	-8	1
y	-0,5	4

Задайте эту функцию аналитически. Постройте ее график. По графику найдите, какие значения принимает функция, если $1 < x < 8$. Ответ запишите в виде промежутка и дайте название этому промежутку.

Ответ: $y \in (0,5; 4)$ – интервал.

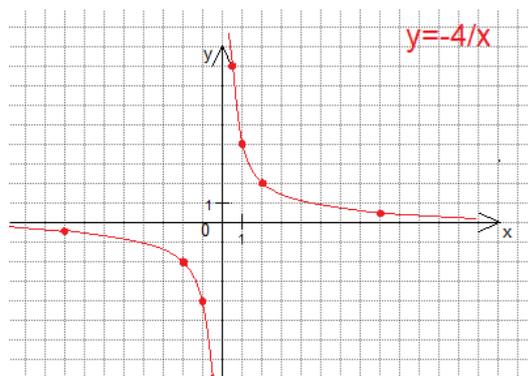


Рис. 5. График функции $y = \frac{4}{x}$

Заключение

Таким образом, разработанная на основе учета когнитивных особенностей учащихся система адаптивного тестирования позволяет реализовать несколько основных функций. Как и традиционный тест, адаптивный тест выполняет контролируемую функцию. Невыполнение обучающимися какого-либо задания позволяет установить, в каких понятиях или умениях имеются «пробелы», спрогнозировать результаты обучения и внести корректировки в учебный процесс. В этом заключается диагностическая функция адаптивного теста. Проведенное авторами исследование показало, что использование разных форм представления информации, учет приоритетной для обучающегося формы, требование перекодировок в адаптивном тесте влияет на понимание, а значит и успешное овладение учебным материалом. Авторы предлагают использовать эту систему при изучении различных тем на всех этапах обучения.

Список литературы

1. Малыгин А.А. Адаптивное тестирование в дистанционном обучении. Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2012. 138 с.
2. Здорова Л. А. Разработка системы адаптивных компьютерных тестов: учебное пособие. Владивосток: Морск. гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2006. 90 с.
3. Строгонова Е.И. Технологии компьютерного адаптивного тестирования системы контроля и оценки знаний, обучающихся в условиях компетентностного подхода // Восточно-Европейский научный журнал. 2016. Т. 10, № 1. С. 118-122.
4. Jantan, R.B. Relationship between Students' Cognitive Style (Field Dependent and Field-Independent Cognitive Styles) with their Mathematic Achievement in Primary School // International Journal of Humanities Social Sciences and Education. 2014. Vol. 1, Is. 10. P. 88-93.
5. Додзина О.Б. Согласованность когнитивного стиля и стиля средств контроля учебной деятельности как фактор академической успешности // КПЖ. 2021. № 2 (145). С. 211-217.

6. Альтиментова Д.Ю., Гданский Н.И. Адаптивные модели компьютерного обучения // Педагогическая информатика. 2015. № 2. С. 83-92.
7. Шамсутдинова Т.М. Формирование индивидуальной образовательной траектории в адаптивных системах управления обучением // Открытое образование. 2021. Т. 25, № 6. С. 36-44. DOI: 10.21686/1818-4243-2021-6-36-44.
8. Симченко Н.Н., Аристанов А.А. Проектирование обучающей системы с адаптивным тестированием // Инновационная наука. 2019. № 6. С. 64-68.
9. Van der Linden W.J., Glass C.A.W. Elements of adaptive testing, Statistical for social and behavioral sciences. New York: Springer Science, Business Media. 2017. 437 p.
10. Злобина Д.А. Задачи на перекодирование как средство, способствующее пониманию учебного материала при изучении алгебры в основной школе // Письма в Эмиссия.Оффлайн (The Emissia.Offline Letters): электронный научный журнал. 2011. № 11. URL: <http://www.emissia.org/offline/2011/1679.htm> (дата обращения: 3.02.2023).
11. Чибичян М.С. Методика создания и применения адаптивных тестов по алгебре и началам анализа: автореф. дис. ...канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2013. 21 с.
12. Подходова Н.С., Орлова А.В., Снегурова В.И. Стилиевые особенности учащихся как одно из оснований конструирования адаптивных тестов по математике // Письма в Эмиссия.Оффлайн (The Emissia.Offline Letters): электронный научный журнал. 2020. № 10. URL: <http://emissia.org/offline/2020/2877.htm> (дата обращения: 8.02.2023).
13. Беленко А.Г. Диагностика образовательных результатов обучающихся на основе учета их индивидуальных когнитивных особенностей // Письма в Эмиссия.Оффлайн (The Emissia.Offline Letters): электронный научный журнал. 2022. № 8. URL: <http://emissia.org/offline/2022/3105.htm> (дата обращения: 10.02.2023).
14. Снегурова В.И., Подходова Н.С., Беленко А.Г., Родионова М.С., Готская И.Б. Конструирование заданий для системы адаптивного тестирования по математике: научно-методическое пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2021. 64 с.