

2. Чернова Ю. К. Квалитативная технология обучения. Тольятти: Изд-во Фонда «Развитие через образование», 1998. – 149 с.
3. Кулемин Н. А. Введение в квалиметрию общеобразовательной школы. Ижевск: «Алфавит», 1998. – 166 с.
4. Кулемин Н. А. Квалиметрический мониторинг управления качеством образования: концепция, технология, модель. Ижевск: Исслед. центр пробл. качества подгот. Специалистов; Изд-во «Алфавит», 2000. – 187 с.
5. Кулемин Н. А. Некоторые вопросы реализации педагогических парадигм в системе образования муниципального уровня // Образование и наука: Изв. Урал. науч.-образоват. центра Рос. акад. образования. Журн. теорет. и прикл. исслед. 2000, № 4 (6). С. 44–50.

УДК 378.14
ББК 431.0

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М. И. Потеев⁴

Идея применения методов и средств кибернетики в педагогике возникла в середине 1950-х годов. Уже первые исследования показали, что методы кибернетики могут быть использованы для исследования информационных закономерностей образовательных процессов, а кибернетические технические средства переработки информации – для организации процесса обучения. В 1960-х годах сформировалась область кибернетики, в которой начали исследоваться методы и средства передачи и преобразования информации в дидактических системах. Она была названа педагогической кибернетикой.

К этой области относятся и первые контролирующие машины 1960-х годов, и средства программированного обучения 1970-х годов, и современные интерактивные компьютерные обучающие системы. Последние обеспечивают возможность общения человека с ними на почти естественном языке. Они способны управлять познавательными процессами. Современные достижения в области компьютерных технологий открыли почти неограниченные возможности их использования для автоматизации обучения.

Проанализируем некоторые основные публикации в области педагогической кибернетики 1950–80-х годов и сделаем выводы о степени оправданности прогнозов, содержащихся в этих публикациях.

Первым, кто попытался воспользоваться кибернетическим подходом к процессу обучения, был английский ученый Г. Паск [4]. Его работы, начатые в 1953 г. в лаборатории исследования систем, первоначально не были связаны с педагогическими проблемами. Их цель состояла в нахождении способов поддержания стабильного взаимодействия человека и машины в разнообразных автоматизированных системах. Паск разрабатывал системы обучения пилотов скоростных самолетов, диспетчеров радиолокационных станций и т. п. Эти системы как бы прогнозировали действия обучающихся и предназначались для обучения двигательным (моторным) навыкам. Но Паск распространял понятие навыка на интеллектуальную деятельность человека, рассматривая процесс обучения как усвоение некоторой иерархии понятий: структур, группировок, классов и т. п. Паск утверждал, что учение есть овладение иерархией решения соответствующих задач (или усвоения навыков). Он считал, что принципы автоматизации обучения можно применять только тогда, когда навык является «структурированным».

Понятие «структурированного навыка» лежит в основе теоретических построений и практических реализаций Паска. По его мнению, подавляющее большинство навыков (понятий, умений) являются структурированными, а его теория обучения может быть обобщена на достаточно широкий круг задач.

Паск пришел к выводу о необходимости обеспечения адаптации в управлении обучением. При этом под адаптивностью понималась стабильность в управлении обучением, «поддержание интереса и внимания обучаемого предъявлением ему достаточно трудных, но посильных задач» [11]. Паск считал, что процесс, известный в кибернетике как стабилизация, с точки зрения педагогики является обучением, что стабильность поведения обучаемой системы (человека, животного, машины) является основным критерием оптимальности стратегии обучения. Это позволяло ему избегать проблем, которые могли быть решены лишь для конкретных условий и не подлежали обобщению.

Паск показал, что стабильное взаимодействие человека и машины возможно лишь при условии их обучаемости, то есть способности приспосабливаться друг к другу путем обмена управляющими воздействиями. Впоследствии

из этого вывода возникла задача исследования возможности моделирования мышления человека, создания искусственного интеллекта.

Паск одним из первых предложил описывать процесс обучения с использованием так называемой платежной матрицы – аналога информационной матрицы электронного учебника [7]. Понятие платежной матрицы вводится в теории игр. Здесь показывается, что оптимальной стратегией игры с использованием платежной матрицы является та, которая дает наибольшее математическое ожидание платежа для каждого игрока или обоих игроков вместе. При этом считается, что предварительная договоренность между игроками относительно стратегии игры отсутствует и они действуют в процессе игры путем проб и ошибок.

Именно это происходит и в учебной ситуации, когда преподаватель начинает взаимодействовать с лицом, подготовка и способности которого ему заранее не известны. Игроки узнают друг друга после нескольких ходов. В зависимости от подготовленности участников игры (обучения), один из них (скорее всего преподаватель) доминирует в игре, причем его интересы (увеличение платежа) вынуждают второго игрока (обучающегося) стремиться к оптимальной стратегии.

Описанная ситуация полностью наблюдается и при обучении с помощью компьютерной обучающей системы. При этом функцию игрока-преподавателя выполняет компьютер, а функцию игрока-обучающегося – человек. Ходами системы являются фрагменты учебной информации, предъявляемой обучающемуся в последовательности, которая определяется избранной стратегией обучения, а ходами обучающегося – его ответы на контрольные вопросы. Очевидно, в этом случае система может рассматриваться как адаптивная (самоорганизующаяся), только тогда, когда стратегия обучения меняется в зависимости от правильности и темпа ходов обучающегося. Именно такие стратегии Паск пытался реализовать в своих обучающих машинах.

Рассматривая задачу управления обучением, Паск не использовал методов традиционной педагогики и психологии. В его рассуждениях можно обнаружить лишь некоторые аналогии с педагогическими приемами. Эти аналогии не связаны непосредственно с кибернетикой и возникли раньше нее. Так, в основу методики выполнения упражнений и решения учебных задач было положено стремление использовать психологические механизмы, «ответственные»

(по выражению Паска) за изучаемые навыки и умения, и создавать их приемы, разработанными в кибернетике.

На первых порах такой подход являлся возможным: ведь способность передавать и принимать информацию в определенных объемах присуща любому нормальному человеку, независимо от его психолого-педагогической подготовки. Другое дело, будет ли такое обучение эффективным или лучше опираться на рекомендации, выработанные в педагогике и психологии. В настоящее время в исследованиях по педагогике методы кибернетики и достижения традиционной педагогики и психологии применяются, как правило, совместно.

Работы Г. Паска и других зарубежных исследователей по применению методов кибернетики в педагогике были фундаментально проанализированы в сборнике переводов [4], монографии [6], опубликованных в 1970 году. В частности, в последней рассмотрены теоретические основы систем программированного обучения, методика составления программированных учебных материалов, а также описан опыт их применения. Автор монографии сформулировал следующие выводы:

1) применение идей кибернетики в исследованиях по программированному обучению перспективно;

2) некоторые характеристики программированного обучения в терминах кибернетики получают новое толкование и создают предпосылки для построения теории программированного обучения;

3) эти предпосылки могут стать основой реальных успехов, но при условии, что будут привлечены новейшие результаты психолого-педагогических исследований;

4) аппарат кибернетики может оказаться полезным для более строгого описания и количественного измерения параметров процесса обучения, но лишь в определенной мере;

5) на уровне практического применения программированного обучения для более тесной связи его с кибернетикой необходимо выделение формальных признаков содержательных структур учебного материала;

6) для формализации структур учебного материала желательно решение проблемы измерения семантической информации.

«В своей совокупности, – подытоживал автор, – решение этих и смежных проблем даст возможность формализовать описание процесса обучения

с целью передачи его обучающим автоматам (в случае программированного машинного обучения) и создания качественных обучающих программ».

Современные достижения в области создания компьютерных обучающих программ, электронных учебников, систем компьютерного тестирования знаний свидетельствуют о правильности всех этих выводов.

Статьи, представленные в сборнике переводов [4], сгруппированы вокруг трех основных направлений:

- 1) совершенствование методов обучения и обучающих устройств,
- 2) поиск оптимального использования в управлении обучением и исследовании процессов обучения вычислительной техники;
- 3) выявление и систематизация параметров, оптимизация управления обучением.

Статьи охватывают экспериментальное изучение процесса обучения и его психологических закономерностей; выявление параметров, на основе которых было бы возможно оптимизировать управление обучением; использование этих закономерностей для создания адаптивных систем обучения, моделирование процесса обучения в самообучающихся системах.

Особый интерес представляет статья П. Ходжа [10], в которой предлагается система основных переменных процесса обучения. Понятно, что без четкой системы таких параметров невозможна ни оценка обучающих систем, ни текущая диагностика результатов обучения, ни оптимальное управление обучением.

Одной из первых отечественных оригинальных работ по теме «Кибернетика и педагогика» была монография Л. Б. Ительсона [3]. В ней автор исследовал особенности педагогических явлений и процессов, способы объективного отображения и научного описания педагогических законов, количественное выражение педагогических закономерностей, планирование и организацию обучения и воспитания, программирование и автоматизацию обучения.

Особый интерес представляет раздел «Функциональное исследование педагогических закономерностей». В нем затронуты такие фундаментальные проблемы, как смысл и сущность кибернетического моделирования педагогических явлений и процессов, кибернетический анализ содержания и структуры процесса обучения, кибернетический эксперимент в педагогике. Автор показал, что для решения этих проблем целесообразно применять кибернетический метод функциональных аналогий. Последний предназначен для количе-

ственного исследования сложных процессов и систем и опирается на то, что в различных областях действительности, у различных форм движения материи наблюдаются некоторые общие закономерности, позволяющие (с соответствующими уточнениями и ограничениями) использовать математические методы, описывающие функционирование одних систем, для количественного исследования других систем.

Функциональные аналогии позволяют найти среди уже изученных процессов такие, с которыми можно сопоставить некоторые элементы обучения и воспитания, и использовать имеющиеся объективные количественные модели для математического описания соответствующих сторон обучения и воспитания. Возможность кибернетической интерпретации педагогических процессов вытекает из того, что эти процессы являются целесообразными. Обобщенно их можно рассматривать, как процессы регулирования преподавателем деятельности обучающегося и управления на этой основе формированием его личности. Другими словами, кибернетические методы дают то, чего не давал для педагогики ни один из ранее использованных методов количественного исследования. Они открывают возможность измерения некоторых параметров педагогических явлений.

Автор монографии [3] пришел к выводу о том, что попытки применения к процессам обучения и воспитания кибернетических методов связаны с решением трех типов задач: первая из них состоит в изучении того, что перерабатывается при обучении, то есть учебной информации; вторая – того, как эта информация перерабатывается в знания, умения, навыки, качества личности; третья – того, как направлять этот процесс к цели наиболее выгодным, эффективным и успешным способом.

В связи с этим в монографии отмечается, что математические модели, которые использовались для описания педагогических закономерностей ранее, не носили реального содержательного характера и выбирались исследователем только из соображений простоты, удобства и его личных представлений о природе обучения и воспитания, то есть достаточно произвольно. Метод функциональных аналогий дает возможность преодолеть этот недостаток. Он опирается на то, что педагогические процессы относятся к классу управляемых явлений и подчинены объективным закономерностям, присущим всем его составляющим. Это позволяет использовать для объективного описания педаго-

гических явлений математические модели таких процессов, как сбор, передача, переработка и использование информации.

Одним из возможных путей построения функциональных моделей педагогических процессов является использование методов теории информации. Ее основные понятия: информация, энтропия, кодирование, помехи, пропускная способность канала связи, – могут быть использованы для описания процесса передачи учебной информации преподавателем обучающемуся, а также использования ее последним в своих практических действиях. Это позволяет осуществлять количественное исследование указанных процессов и строить их математические модели.

К сожалению, модели, получаемые методами теории информации, не отражают смысловой оценки информации и, следовательно, для описания рассматриваемых процессов ограничены. Поэтому задача количественного исследования и математического описания процесса формирования у обучающихся знаний, умений и навыков в его внутренней природе и присущих ему закономерностях остается нерешенной: понятий и методов, которые позволяли бы сделать это непосредственно, кибернетика не дает. Ее понятия представляют собой модели переработки информации любой управляющей системой. Они отвлекаются от внутренних качественных особенностей системы, присущих именно ей специфических способов кодирования и переработки информации. Другое дело, что все управляемые системы (и дидактические, в том числе) имеют одно общее свойство: любая переработка информации в них находит свое отражение в их поведении, в объективно найденных внешних процессах. Поиски понятий и методов, способных количественно описать ценность учебной информации, продолжаются.

Кибернетические модели, отмечается в монографии [3], не отражают и не могут отражать процесса обучения полностью, тех специфических закономерностей поведения и способов переработки информации, которые отличают сознательную, социально обусловленную практическую и психическую деятельность человека. Они описывают лишь те стороны процессов осмысления, усвоения и применения знаний, которые связаны с логикой их переработки, и представляют собой лишь схематическое, упрощенное отображение реального процесса переработки учебной информации в мозгу учащихся.

Методы, рассмотренные в монографии [7], опираются на выделение в обучении и воспитании процессов, которые могут быть представлены той

или иной обобщенной схемой действительности (передача любой информации вообще, любое поведение вообще, любой автоматический процесс вообще и т. п.). Поэтому построенные на их основе модели состоятельны лишь тогда, когда реальные процессы обучения и воспитания человека совпадают с этими схемами. Что касается специфически человеческих особенностей и закономерностей обучения, переработки информации, формирования поведения и личности, которые обусловлены социальными и биологическими чертами человека, то они, по крайней мере, на современном этапе не могут быть исследованы и описаны этими средствами адекватно.

Представляет интерес работа С. И. Архангельского [1]. В ней применению методов кибернетики в педагогике посвящены два раздела. Во вступлении в книге автор отмечает: «В принципах и закономерностях кибернетики содержится много весьма целесообразного для организации и управления учебным процессом. Но все ее положения требуют отбора, психолого-педагогического обоснования, а не простого механического их распространения на теорию и практику обучения.

Учебный процесс – не автоматическая система с коммуникациями связи и не просто биологическая система, а система интеллектуального содержания в его развитии. Поэтому и кибернетика здесь нужна видоизмененная, указывающая пути организации и управления мыслительной деятельностью учащихся в процессе обучения.

Закономерности, принципы кибернетики, а также их аналогии не могут выражать действительную картину психических процессов человека. Поэтому при использовании положений кибернетики в теории обучения следует ограничиваться их формализующими возможностями в качестве инструмента обобщенного преобразования».

Как отмечает автор книги [1] и как трактуется в кибернетике, управление складывается из следующих действий: указание цели управления; формулирование критериев оценки достижения поставленной цели; установление исходных состояний управляемой системы; выработка программы воздействия, предусматривающей основные переходные состояния системы, определяемые спецификой управляемого процесса, целью управления и исходным состоянием системы; накопление и обработка сведений по выбранной системе параметров, характеризующих состояние системы в каждый момент управления (обратная связь); выработка корректирующих воздействий по результатам обра-

ботки информации, полученных по каналу обратной связи; реализация корректирующих воздействий.

Но именно на базе таких действий строится и технология обучения: ведь уже в самом ее определении говорится о диагностично поставленных целях [7].

Управление учебным процессом в соответствии с технологическим подходом к нему и положениям кибернетики требует обратной связи. Однако обратная связь не будет срабатывать адекватно действительной картине состояния обучения, если исходить только из основной информации и не учитывать влияние внешней среды, особенности социальной и психолого-дидактической сущности учебного процесса.

В книге [1] большое внимание уделено моделированию процесса обучения. Для этого, как отмечает автор, в исследовании учебного процесса наиболее часто используют структурные, функциональные и информационные модели. Некоторые из них могут быть объединены под общим названием логико-математических моделей. Именно они представляют наибольший интерес для исследования учебного процесса, ибо обеспечивают точность суждений и их доказательность, то есть то, чего не достает педагогическим исследованиям традиционными методами.

При построении логико-математических моделей используют аппарат логики и математики, а также средства вычислительной техники. Эти модели позволяют проводить эмпирические исследования с целью прямой измерительной оценки показателей исследования. В теоретических исследованиях их применяют в качестве средства выражения сущности явления, его оценки и связей. Роль логико-математического аппарата при этом заключается в том, что он является основой решения поставленной задачи, придает содержанию исследования абстрактный характер, обеспечивает модели простоту и конкретность ее строения и связей.

Наиболее широкое распространение получили функциональные модели. Они характеризуются целостностью, то есть возможностью отображать моделируемый объект, исходя из его функционирования в целом. Такие модели особенно удобны для изучения процессов и явлений, у которых структура и механизм действия достаточно определены и известна информация на входе и выходе. Этим критериям в полном объеме удовлетворяет учебный процесс: в нем, в частности, внутренние механизмы этих действий обучающихся и обучающихся неизвестны. Функциональные же модели позволяют выяснять, как

реагирует обучающийся на те или иные внешние воздействия, а иногда устанавливает и почему он поступает так, а не иначе.

Функциональные модели учебного процесса позволяют создавать рациональные технические средства обучения. Последние отражают и развивают некоторые черты функционального сходства человека (преподавателя) и машины. Особенно это относится к созданию адаптивных обучающих систем и прежде всего компьютерных.

На практике достаточно часто используют одновременно как структурно-функциональные, так и информационные модели. Такие модели являются кибернетическими в полном смысле этого слова. Благодаря наличию иерархии они позволяют рассматривать объекты низшего уровня изолированно (автономно). Это особенно важно для учебного процесса, так как означает возможность членения его на отдельные автономные элементы и изучения каждого из них относительно самостоятельно. Но при этом, конечно же, исходят из функционирования системы в целом.

Значимой работой на пути от первых обучающих машин Г. Паска к современным компьютерным обучающим системам была монография [5]. В ней автор рассмотрел задачу построения кибернетических диалоговых систем, которые способны обучаться диалогу и участвовать в нем подобно человеку, то есть проявлять такие интеллектуальные функции, как формулировать гипотезы, вопросы, распознавать образы, планировать стратегии и т. п. В работе предложены алгоритмы реализации этих функций, изложены принципы их использования для ведения компьютерного диалога. Автор книги уделил большое внимание построению аппарата описания семантики естественного языка. Большинство идей, представленных в монографии, реализованы в современных компьютерных обучающих системах.

Непосредственно взаимосвязи кибернетики и проблем обучения посвящена книга Э. П. Джугели и А. А. Вепхвадзе [2]. В ней делается попытка системного подхода к объекту педагогики, рассмотрены методологические основы кибернетических моделей в дидактике и некоторые вопросы содержательности информационного описания процесса обучения, затронуты проблемы создания человеко-машинных обучающих систем. Примечательно, что уже в то время (в 1981 году!) авторы отмечали факт интенсивного проведения исследований по разработке и применению интерактивных технических средств. Они

указывали, что проблема построения такого рода средств непосредственно примыкает к кибернетике.

Но «в исследованиях оптимальных форм и методов обучения, – заключали авторы монографии, – главенствующее положение всегда занимало и будет занимать изучение сложных педагогических процессов, в центре которого стоит человек. Кибернетическое рассмотрение процесса обучения заранее будет обречено на неудачу, если ученые при проектировании человеко-машинных систем будут склонны отождествлять человека с машиной».

Информационные закономерности, исследуемые кибернетикой, дают дополнительные возможности ученым и педагогам разобраться в механизмах управления процессом обучения. Кибернетические концепции об общих законах управления служат каркасом, на котором можно строить педагогическую теорию обучения и ни в коей мере не подменять одну другой».

Огромный вклад в исследование проблемы использования кибернетического подхода к обучению внес академик А. И. Берг (1893–1970). Он являлся одним из крупнейших специалистов в области радиоэлектроники, внес существенный вклад в решение задачи проектирования и производства первых отечественных электронно-цифровых вычислительных машин, был инициатором и руководителем отечественных исследований по кибернетике и ее приложениям, возглавлял работу Научного совета АН СССР «Кибернетика».

В своей книге «Педагогика и кибернетика» (к сожалению, незавершенной) А. И. Берг отмечал: «Мы должны научить человека думать более экономно. Более эффективно управлять процессом его мышления. Направлять, программировать работу его мозга так, чтобы дистанцию от открытия к открытию он проходил скорее и озарения стали уделом не только счастливых одиночек. Это задача науки об управлении, задача кибернетике, с помощью которой психология и педагогика обретают второе дыхание. Надо учить человека мыслить. Мы должны всерьез заняться проблемой программированного обучения». И далее: «...вопрос в нехватке педагогов – раз. В том, что обучение не индивидуализировано, – два. В наплыве информации – три» [9].

Для А. И. Берга, специалиста в области кибернетике, плодотворность кибернетического подхода к различным и многообразным сторонам практической и научной деятельности была очевидной. Размышляя над проблемой, он приходил к выводу о том, что обучение можно рассматривать как систему

управления. Одной из важнейших и специфических особенностей этой системы является то, что объектом управления в ней является сам человек.

А. И. Берг формулировал задачи по применению методов кибернетики в педагогике следующими словами: «К числу необходимых компонентов управления следует отнести разработку объективных способов выявления и оценки формируемых у человека качеств, достигаемого в процессе обучения уровня развития интеллектуальных возможностей человека, уровня усвоения знаний и навыков. Разработка способов диагностики успешности процесса усвоения является необходимым условием оптимального обучения. Только на основании четких качественных и по возможности количественных характеристик достигаемых целей обучения мы сможем оптимизировать процесс управления и оценивать меру достижения задач, поставленных в реальном процессе обучения» [4].

А. И. Берг утверждал: «Для всестороннего развития человеческой личности нужен индивидуальный подход. Но где взять столько педагогов с неисчерпаемыми знаниями, бездонной памятью, умением заниматься сразу с большой массой учеников и в то же время с каждым в отдельности, ни на секунду не теряя контроля над развитием мысли ученика, программируя ее течение? Для кибернетика ответ очевиден – таким педагогом в XX веке может быть только кибернетическая машина» [9].

Подводя итог представленному выше ретроспективному анализу, следует отметить, что кибернетический подход к исследованию учебного процесса позволяет вникать в сложные механизмы взаимодействия большого числа функциональных элементов, участвующих в обучении. Во многих случаях он позволяет более четко представлять предмет исследования, находить средства и методы его проведения.

Рациональность подобного подхода хорошо проявляется, например, в случаях, когда необходимо рассмотреть процесс обучения в целом, в частности, с учетом взаимовлияния его воспитательной и дидактической функций. Кстати, традиционная педагогическая наука всегда служила хорошим примером единого, нерасчленимого подхода к процессу обучения. Однако методы, которыми пользуются ее разработчики, как правило, не столь строги и конструктивны, как методы и средства кибернетики.

Сложность педагогических явлений и процессов требует применения для их исследования не только специальных методов математического анализа

и моделирования, но и особых видов эксперимента. Одним из них является кибернетический эксперимент. Современные компьютерные технологии позволяют моделировать все основные способы логической переработки информации, используемые человеком: применение готовых рецептов, применение общих принципов, мысленный и практический эксперименты, то есть обучение реакциям, логическому анализу, эвристическим поискам на основе проб и ошибок. Они обеспечивают также возможность моделирования самого процесса обучения: с подсказками, случайными ответами, одобрениями, репликами и т. д.

Тридцать лет назад автор предисловия к сборнику [4] – академик А. И. Берг – утверждал, что только с помощью современной вычислительной техники возможна практическая реализация структурных и математических моделей обучения, обеспечивающих его оптимальное управление. «Особенно важное значение, – отмечал он, – имеет разработка системы, которая позволяет централизованно использовать наиболее совершенные вычислительные устройства, объединенные в систему. С помощью таких систем становится возможной реализация адаптивного обучения на расстоянии тысяч километров по заказу обучаемого абонента. В подобной системе оказывается возможной любая степень адаптации для многих обучаемых абонентов. Центральной проблемой здесь будет разработанность таких адаптивных самообучающихся программ, которые могли бы выполнять свои функции оптимального обучения для учащихся с различными индивидуальными особенностями и на различных уровнях обучения».

В настоящее время эти идеи нашли непосредственное воплощение в локальных, региональных и глобальных компьютерных сетях, создаваемых на их основе системах дистанционного обучения, компьютерных обучающих программах и электронных учебниках, широко внедряемых в повседневную практику вузов и школ. Приятно отметить, что средства вычислительной и телекоммуникационной техники, с которыми человечество вошло в XXI век, достижения союза кибернетики и педагогики, благодаря дальновидности наших предшественников позволяют строить учебный процесс в настоящее время на принципиально новой основе.

Литература

1. Архангельский С. И. Лекции по теории обучения в высшей школе. М., 1974. – 384 с.
2. Джугели Э. П., Вепхвадзе А. А. Кибернетика и проблемы обучения. Тбилиси, 1981. – 116 с.
3. Ительсон Л. Б. Математические и кибернетические методы в педагогике. М., 1964. – 248 с.
4. Кибернетика и проблемы обучения: Сб. пер. / Под ред. акад. А. И. Берга. М., 1970. – 389 с.
5. Кузнецов И. П. Кибернетические диалоговые системы. М., 1976. – 293 с.
6. Никандров Н. Д. Программированное обучение и идеи кибернетики: Анализ зарубежного опыта. М., 1970. – 206 с.
7. Потеев М. И. Инновационные технологии обучения: Теория и проектирование. СПб., 2000. – 228 с.
8. Потеев М. И. Основы аналитической дидактики. СПб., 1992. – 167 с.
9. Радунская И. Л., Аксель Берг. М., 1971. – 494 с.
10. Hodge P. A Proposed Model for Investigating the Instructional Process: The Relationship between Learning Theory and Educational Practice, Problems and Methods in Programmed Learning / The Proceedings of the 1967 APL Birmingham, Conference 1967. P. 24–51 / См. перевод с англ. в книге [4].
11. Lewis B., Pask G. The Theory and Practice of Adaptive Teaching systems // Teaching Machines and Programmed Learning. II. Washington Nat. Educ. Assoc., 1965.