

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Институт стратегии развития образования»

На правах рукописи

ЕЛКИН Олег Максимович

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ СВЯЗЕЙ В
СОДЕРЖАНИИ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

5.8.1. Общая педагогика, история педагогики и образования

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Научный руководитель:
Осмоловская Ирина Михайловна
доктор педагогических наук, доцент

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТИ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ...	18
1.1. Теоретические основания междисциплинарности в исследованиях по педагогике	18
1.2. Сравнительно-сопоставительный анализ междисциплинарных и межпредметных связей в образовательном процессе	26
1.3. Применение идей междисциплинарности в образовательном процессе	31
1.4. Основные тенденции применения современных информационных технологий в образовании.....	36
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	49
ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА	51
2.1. Методологические основы кибернетического моделирования в педагогике..	51
2.2. Моделирование взаимодействия дидактических единиц содержания рабочих программ (на примере учебных предметов физики, алгебры, геометрии)	57
2.3. Оптимизация кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования	118
2.4. Апробация модели и методические рекомендации для учителей средней школы	121
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	146
Приложение А. Сетевые графики учебных предметов «Алгебра», «Геометрия», «Физика»	160
Приложение Б. Выявленные междисциплинарные связи между дидактическими единицами содержания образования (на примере алгебры, геометрии и физики) ...	161
Приложение В. Сводная таблица данных для построения кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования (на примере алгебры, геометрии и физики).....	162
Приложение Г. Результаты анкетирования.	167

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в настоящее время происходит обновление содержания образования, что в свою очередь связано - в числе прочих факторов - с увеличивающимся потоком информации, который требует отбора и обработки с помощью новых технологий и методик, зачастую ранее не применявшихся ни в системе образования в целом, ни при представлении содержания на уровне общего образования.

Наряду с цифровой трансформацией в системе образования все активнее применяется личностно ориентированный подход, что ведет к возрастанию роли обучающегося в образовательном процессе. Его интересы, потребности, способности, мотивы во все большей степени учитываются при проектировании содержания образования и планировании образовательного процесса.

Эта идея заложена в федеральные государственные образовательные стандарты начального общего, основного общего, среднего общего образования. Так, во ФГОС основного общего образования: «В основе ФГОС лежат представления об уникальности личности и индивидуальных возможностях каждого обучающегося и ученического сообщества в целом, о профессиональных качествах педагогических работников и руководителей Организаций, создающих условия для максимально полного обеспечения образовательных потребностей и интересов обучающихся в рамках единого образовательного пространства на территории Российской Федерации» [48].

В этих условиях обновление содержания, его проектирование целесообразно строить на современных технологиях, способных оперативно обрабатывать большое количество информации и планировать содержание образования сообразно современным требованиям.

В настоящее время с успехом применяются такие технологии обработки и хранения больших данных, как нейросети, современные алгоритмы систематизации и автоматизации доступа к базам данных, облачные технологии, машинное обучение. Из всех технологий обработки данных выделить

оптимальные не представляется возможным, так как они не конкурируют, а дополняют функционал друг друга. Однако нейросети показали себя как более универсальный инструмент, способный решать множество задач, выстраивать алгоритмы анализа входных данных на основе самоопределяющихся связей анализируемой информации.

Для решения определенной задачи, в том числе педагогической, может быть построена модель, в частности, кибернетическая модель. Она будет являться системой, в которой есть набор входных данных для анализа, преобразователь в виде нейросети и выходные данные.

Весьма востребованными задачами во всем мире в связи с обновлением содержания образования являются повышение качества обучения, учет индивидуальных интересов и возможностей и снижение перегрузки обучающихся.

Решению этих задач может способствовать установление междисциплинарных связей, которое приведет к оптимизации содержания учебных предметов одной области, их интеграции и исключения излишнего дублирования материала.

Междисциплинарность подразумевает интеграцию нескольких научных дисциплин для всестороннего исследования какого-либо явления (понятия) на основе создаваемой методологии, включающей методы и язык этих дисциплин, однако включение междисциплинарности в образовательный процесс недостаточно разработано в дидактике.

Тем не менее, в федеральных государственных образовательных стандартах основного общего образования определена роль междисциплинарных понятий: в совокупности с универсальными учебными действиями и предметными образовательными результатами они образуют метапредметные результаты [48] (обобщенные способы деятельности, сформированные у обучающихся на основе изучения нескольких учебных предметов).

Метапредметность и межпредметность являются проявлениями междисциплинарности в учебном процессе. Метапредметность предполагает

использование общенаучного материала во всех предметах или их циклах. Межпредметность позволяет использовать материалы одного предмета при изучении другого; она служит принципом обучения, влияющем на отбор содержания учебных предметов.

В нашем исследовании мы обращаемся к междисциплинарности, так как она гораздо шире рассматривает явления, происходящие в природе или обществе, поэтому установление междисциплинарных связей в содержании образования позволяет обучающимся получить целостное представление об изучаемом объекте или явлении, избежать фрагментарности восприятия понятий и феноменов в связи с изучением их отдельных сторон в различных учебных предметах.

Существующий в отечественной педагогике термин «межпредметные связи» также в общем отражает идеи междисциплинарности, но не углубляется во взаимосвязь научных дисциплин, а пытается объединить их по общим признакам.

Поиск и установление межпредметных связей очевидны, тогда как для установления междисциплинарных связей требуются инструменты, которые в настоящее время предлагаются информационно-коммуникационными технологиями и могут использоваться для исследования междисциплинарности в дидактике.

Выявление междисциплинарных связей требует анализа большого массива материалов, формирования баз данных и их классификации разного рода. Это возможно осуществить в достаточно полном объеме, необходимом для реального влияния на содержание образования, только при применении современных технологий.

Так, предлагается применить кибернетическое моделирование для формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания различных дисциплин. В данном исследовании выбраны предметы математической и естественно-научной областей.

Это актуальная и нерешенная проблема в системе общего образования и в нашей стране, и в мире, поэтому «Моделирование междисциплинарных связей в содержании общего образования» стало темой данного исследования.

Степень разработанности темы исследования.

Основные идеи междисциплинарных связей и междисциплинарности отражены в ряде работ ученых-педагогов, психологов, физиологов, методистов (Б. Г. Ананьева, С. Я. Батышева, А. П. Беляевой, Н. Ф. Борисенко, С. В. Ивановой, Е. Н. Кабановой-Меллер, М. И. Махмутова, И. М. Осмоловской, Л. В. Савельевой, М. Н. Скаткина, И. А. Тагуновой, В. Н. Федоровой), отдельно необходимо отметить концепции интегрированного (междисциплинарного) образования и педагогических технологий, представленных в работах отечественных педагогов (В. М. Монахов, Ю. А. Самарин).

Важность выявления междисциплинарных связей подчеркивается в исследованиях специалистов в области методики преподавания математики (В. Г. Болтянский, Н. Я. Виленкин, Г. В. Дорофеев, В. И. Игошин, Г. Л. Луканкин, А. Г. Мордкович, Н. Х. Розов, Л. О. Рослова, Г. И. Саранцев, В. А. Тестов), а также методики преподавания физики (В. В. Белага, Н. Е. Важеевская, В. И. Васюков, Л. Э. Генденштейн, Ю. И. Дик, Г. С. Ландсберг, Г. Я. Мякишев, Н. С. Пурешева, А. В. Перышкин, А. Ю. Пентин, А. З. Синяков, В. М. Чаругин).

Межпредметные связи широко изучались в дидактике. Однако почти до конца XX века (до 1980-1990-х гг.) не были разработаны необходимые инструменты, чтобы смоделировать их и использовать в проектировании содержания образования.

Возможности использования информационно-коммуникационных технологий в процессе обучения освещены в работах по программированному обучению и автоматизированным образовательным системам (В. С. Аванесов, В. П. Беспалько, П. Я. Гальперин, А. Н. Леонтьев, С. Осуга, В. А. Хлебников), для нашего исследования значимыми являются также концепции кибернетики (Н. Винер), теории информации (А. Н. Колмогоров, Н. Рашевский, К. Шеннон), синергетики (И. Р. Пригожин, Г. Хакен), а также опыт применения кибернетики в

педагогике (С. И. Архангельский, В. П. Беспалько, А. В. Брушлинский, Ю. К. Бабанский, Л. Б. Ительсон).

В работах А. У. Варданяна, В. В. Давыдова, А. В. Запорожца, Н. Г. Салминой установлено, что моделирование в педагогике может иметь характер самостоятельного направления, которое будет способствовать развитию педагогических идей в современной дидактике, в частности - дидактике дистанционного образования.

Общие вопросы истории кибернетической педагогики поднимались в исследованиях Н. Д. Никандрова, а также в работах основоположников идей кибернетической педагогики в США (Дж. Беккер, Т. Гильберт, Н. Краудер, С. Пресси, С. Пауерс, Б. Скиннер, А. Смолвуд, Д. Эванс), во Франции (Л. Куффиньяль, С. Френэ), в Великобритании (Г. Паск, Дж. Тейлор) и в ФРГ (Ф. Корнельзен, Х. Франк).

Междисциплинарный характер исследования содержания образования отмечен в ряде диссертационных работ. Так, например, более ранние диссертационные работы, затрагивающие вопросы междисциплинарности, используют ее как способ решения локальных проблем в исследованиях, не предлагая междисциплинарность для комплексного решения более крупной проблемы. Отметим, однако, что многие исследователи рассматривают междисциплинарность и межпредметность как синонимы. Так, Н. М. Бурцева рассматривает междисциплинарность как «межпредметные связи, которые помогут установить связи между физикой и гуманитарными науками для формирования ценностного отношения учащихся к знаниям» [8]. Н. А. Провоторова в своем исследовании также использует межпредметные связи как средство решения проблемы целостного образовательного процесса [53]. Е. Р. Черкасова рассматривает межпредметные связи как дидактическое условие, способствующее повышению научности и доступности обучения, усилению познавательной деятельности, улучшению качества знаний, а также осознанности в применении этих знаний в практической деятельности [77]. М. С. Мельникова использует междисциплинарные связи для формирования междисциплинарных

программ в условиях билингвального обучения [36]. В таком же ключе моделирование в содержании общего образования рассматривает в своем исследовании С. П. Шкурина, которая предлагает разработать технологию педагогического моделирования содержания обучения в средней общеобразовательной школе (на примере гуманитарных дисциплин) и проверить ее влияние на развитие личности школьников [82]. Все вышеперечисленные исследования рассматривают в отрыве друг от друга моделирование и междисциплинарные связи и в то же время создают предпосылки для проведения нашего исследования, в котором идея кибернетического моделирования содержания общего образования строится на концептуальных положениях междисциплинарности.

Необходимо отметить, что при неоднократном упоминании важности выявления междисциплинарных связей попытки их использовать в проектировании содержания образования не были удачными во многом из-за отсутствия соответствующих инструментов. Появление информационно-коммуникационных технологий делает эту задачу решаемой.

Таким образом, изучение проблемы междисциплинарности и ее разработанности выявило ряд противоречий:

- между возрастанием значения междисциплинарных связей в науке и образовании и отсутствием динамических моделей этих связей для содержания основного общего образования;

- между широким применением электронных ресурсов в системе общего образования (МЭШ, РЭШ и др.), обладающих большим потенциалом в образовательном процессе с точки зрения применения междисциплинарных связей, и отсутствием альтернативных индивидуальных траекторий обучения на основе междисциплинарных связей;

- применением теории информации в образовании, насчитывающей уже несколько десятилетий, и отсутствием методолого-методического обеспечения применения кибернетического моделирования в современном образовательном процессе;

- между дидактически обусловленной потребностью систематического повторения пройденного материала в различных контекстах и отсутствием рекомендаций для учителей по срокам и частоте повторения с учетом возможностей междисциплинарных связей.

Данные противоречия обусловили постановку **проблемы исследования**, которая заключается в сложности выявления и систематизации междисциплинарных связей, необходимых для оптимизации содержания учебных предметов одной области, их интеграции и исключения дублирования материала, поскольку это обуславливается большим объемом обрабатываемой информации. Применение нейросетей, способных создать систему междисциплинарных связей, видится достаточно перспективным и эффективным.

Объектом исследования является содержание основного общего образования естественно-научной направленности.

Предметом исследования являются междисциплинарные связи в содержании основного общего образования (на примере предметов «Физика», «Алгебра», «Геометрия»).

Цель исследования: разработать и апробировать модель формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования (на примере рабочих программ по физике, алгебре, геометрии).

В качестве **гипотезы** выдвинуто предположение о том, что выявление междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания рабочих программ по алгебре, геометрии, физике позволит определить существующие повторения и расхождения основных понятий по времени их изучения в различных дисциплинах, а рекомендации по изменению последовательности их изучения позволят повысить качество обучения, сократить дублирование содержания, снизить учебную нагрузку обучающихся.

Исходя из выдвинутой цели и гипотезы исследования, основными **задачами исследования** являются следующие:

1. Проанализировать использование междисциплинарности в образовательном процессе.

2. Выявить возможности использования информационных технологий в области проектирования общего образования, в том числе его содержания.

3. Выявить теоретико-методологические основы кибернетического моделирования и показать возможность их применения в образовании.

4. Разработать кибернетическую модель формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания основного общего образования (на примере предметов «Физика», «Алгебра», «Геометрия»).

5. Апробировать кибернетическую модель формирования междисциплинарных связей, подготовить на основе выявленных закономерностей методические рекомендации для учителей.

Теоретико-методологические основы исследования.

В качестве теоретико-методологических основ исследования выступили следующие концепции и теории:

- общенаучные представления о процессе и условиях усвоения информации, формирования знаний (Л. С. Выготский, С. Л. Рубинштейн, Д. А. Леонтьев, З. А. Куликова, И. Я. Конфедератов, Ф. Д. Каргинова) и роли наглядности в обучении (А. С. Гиль, В. В. Гриншкун);

- психолого-педагогическое обоснование применения теории информации в обучении (Б. Скиннер, С. Пресси, Р. Ганье), во Франции (С. Френэ), в Великобритании (Г. Паск), в ФРГ (Х. Франк);

- концепции применения информационных технологий в образовании (О. А. Козлов, В. М. Монахов, И. В. Роберт);

- методологические представления о междисциплинарности в образовании (В. В. Краевский, Н. Н. Манько, И. М. Осмоловская, И. А. Тагунова, Е. В. Ткаченко, В. Э. Штейнберг);

- концепции кибернетического моделирования в образовании (В. П. Беспалько);

- методологические представления о педагогических исследованиях (В. И. Загвязинский, А. М. Новиков, С. В. Иванова), специфике компаративных

исследований в педагогике (Е. И. Бражник, Б. Л. Вульфсон, З. А. Малькова, И. А. Тагунова).

Методы исследования.

Исследование осуществлялось с помощью комплекса взаимодополняющих методов, которые делятся на две группы.

К теоретическим методам относятся системный анализ; проведение аналогий; формализация; абстрагирование; обобщение; сравнительно-сопоставительный анализ; анализ научной педагогической литературы по теме исследования; классификация; моделирование.

К эмпирической группе методов относятся измерение, сравнение, методы календарно-сетевого планирования (метод сетевых графиков); метод последовательной подстановки для обработки и анализа информации; метод закрытого анкетирования школьных учителей.

Научная новизна результатов исследования:

1. Представлен анализ применения междисциплинарности в образовательном процессе в качестве обоснования формирования междисциплинарных связей в содержании образования и определено их понятие. Выявлено и показано их отличие от межпредметных связей.

2. Выявлены возможности применения информационных технологий в области организации образовательного процесса, включая его содержательный аспект: они используются при составлении расписания занятий, учете образовательных достижений обучающихся и их активности в цифровой среде электронных ресурсов образовательной организации, создании индивидуальных образовательных траекторий, повышении уровня безопасности при формировании информационно образовательной среды и дистанционном обучении, а также при формировании индивидуальных и общих баз данных (например, библиотек материалов для занятий и т.д.).

При этом необходимо отметить, что в проектировании содержания образования информационные технологии пока не нашли своего применения.

3. Представлены теоретико-методологические основы кибернетического

моделирования, применимые в области образования, которые зиждутся на теории информации, концепциях кибернетики об управлении сложными динамическими системами и решении организационно-управленческих задач; концепции целеполагания в педагогике.

4. Создана кибернетическая модель формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования, отражающая сущность междисциплинарных связей учебных предметов (физика, алгебра, геометрия) и демонстрирующая примеры перекрестного дублирования содержания данных предметов, с применением метода сетевых графиков.

5. Проведена апробация кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования, которая показала, что изменение порядка следования тем в содержании учебных предметов способствует более эффективному установлению междисциплинарных связей без изменения самого содержания образования. В результате исследования показаны и предложены практические решения снятия рассогласованности преподавания тем в учебных дисциплинах «Алгебра», «Геометрия», «Физика» с целью повышения эффективности образовательного процесса, а также представлены варианты последовательности изучения ряда тем (разделов) для установления междисциплинарных связей. В методических рекомендациях показано, что изменения порядка изучения тем в целях снятия рассогласованности регулируются на основе календарного плана и не требуют изменения образовательных программ.

Положения, выносимые на защиту.

1. Проведенный анализ применения междисциплинарности в образовательном процессе показал, что междисциплинарностью обосновывается формирование междисциплинарных связей в содержании образования, которые демонстрируют общность и взаимозависимость различных тем образовательной программы. В ходе исследования выявлено и показано их отличие от межпредметных связей. Используемые в дидактике межпредметные связи, отличаясь от междисциплинарных, вычленяют взаимосвязи между учебными

предметами, однако пытаются объединить их по общим внешним признакам, не углубляясь во взаимосвязь научных дисциплин, что свойственно для междисциплинарных связей.

2. В результате исследования выявлены возможности применения информационных технологий в области организации образовательного процесса, включая его содержательный аспект. Анализ показал, что при обновлении (изменении) содержания образования информационные технологии пока не нашли своего применения.

Современные тенденции использования информационно-коммуникационных технологий при проектировании общего образования развиваются в области организации и управления образованием и связаны с обеспечением образовательного процесса, отслеживанием и прогнозированием образовательных достижений обучающихся. Показано, что потенциал информационных технологий позволяет решать более сложные задачи, связанные с обновлением содержания образования, в частности с выявлением междисциплинарных связей.

3. В работе показана возможность применения в образовании теоретико-методологических основ кибернетического моделирования, в котором используется формализованное описание объекта, решаются управленческие задачи в области образования, при этом цели ставятся с точки зрения педагогики и включают обращение к личностным характеристикам субъектов образовательного процесса. Информационные технологии позволяют обрабатывать большие массивы данных для создания моделей – усвоения информации, ее закрепления при повторениях, подачи учебных материалов в определенной последовательности, что позволяет добиваться большей точности в получении результатов исследования.

В соответствии с теоретико-методологическими основами кибернетического моделирования решаются задачи упорядочивания освоения содержания образования.

Теоретико-методологические положения кибернетики и теории информации позволяют при современном уровне развития информационных технологий применять их для создания кибернетических моделей (например, кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования).

4. Кибернетическая модель формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования, построенная с помощью современных информационных технологий, упрощающих работу с неявно связанными объемами данных, отражает сущность междисциплинарных связей учебных предметов (физика, алгебра, геометрия), обеспечивает выявление и использование междисциплинарных связей в содержании образования. Это позволяет выстроить последовательность изложения тем содержания образования, избежать перекрестного дублирования содержания данных предметов, что, в свою очередь, способствует повышению качества образования и снижению нагрузки на обучающихся.

При создании кибернетической модели выделяют информационно-управленческие свойства исследуемого объекта, остальные стороны этого объекта остаются вне рассмотрения.

5. Апробация кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования показывает, что перестроение порядка тем, как представлено в кибернетической модели, эффективно реализует потенциал междисциплинарных связей в образовательном процессе без необходимости внесения кардинальных изменений в содержание образования.

Результаты анкетирования более 1900 педагогов из различных субъектов Российской Федерации показали, что в целом учителя алгебры, геометрии и физики понимают необходимость демонстрации междисциплинарных связей и использования на их основе предлагаемого порядка тем из смежных предметов для формирования целостной картины мира, развития критического мышления, достижения метапредметных результатов.

Однако наряду с очевидными междисциплинарными связями в содержании учебных предметов есть неявные междисциплинарные связи, понимание которых затруднено: анкетирование показало, что учителя со стажем более 20 лет подтвердили необходимость выявления как очевидных, так и неявных связей между предметами для более глубокого и всестороннего понимания изучаемых объектов. Таким образом, педагогов целесообразно информировать о наличии междисциплинарных связей между учебными предметами для эффективного формирования целостной картины мира у обучающихся.

В предложенных методических рекомендациях показаны последовательности изложения тем по физике, алгебре и геометрии, между которыми выявлены междисциплинарные связи, что позволяет корректировать планируемый образовательный процесс с целью повышения качества образования за счет оптимизации порядка и согласования тем в разных дисциплинах, при этом не происходит кардинального изменения рабочих программ по предметам, что не вступает в противоречие с федеральными государственными образовательными стандартами и федеральной основной общеобразовательной программой.

Теоретическая значимость.

Проведенное исследование позволяет обогатить педагогическую теорию тем, что углубляет представления о междисциплинарности и ее реализации в содержании образования; уточняет методологические основы применения теории информации в педагогике в современных условиях, вводит новый метод календарно-сетевое планирование при разработке модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования, тем самым расширяет комплекс методов педагогических исследований для повышения их качества.

Практическая значимость.

Предложенная кибернетическая модель формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования позволяет проследить связи между отдельными дисциплинами и оптимизировать образовательный процесс на уровне основного общего образования (на примере

учебных предметов «Алгебра», «Геометрия», Физика», 7–9 классы). Выявленные междисциплинарные связи в содержании естественно-математических учебных предметов (алгебра, геометрия, физика) позволяют переопределить порядок предъявления тем учебных предметов, что способствует формированию у обучающихся целостного представления о понятиях или явлениях.

В целях эффективного использования предлагаемой модели представлены методические рекомендации учителям на основе проведенной апробации.

Этапы исследования.

Диссертационное исследование включает 3 этапа:

1-й этап (2019–2020 гг.) – изучение научной литературы по проблеме, определение замысла исследования, формулирование его цели и постановка задач. Отбор источников, определение методологических подходов к интерпретации источников.

2-й этап (2020–2021 гг.) – сравнительный анализ полученных в процессе изучения зарубежной и отечественной научно-педагогической литературы данных; выявление, систематизация и интерпретация источников. Определение структуры исследования. Уточнение проблемы, задач, новизны исследования. Подготовка публикаций по теме.

3-й этап (2021–2023 гг.) – обобщение полученных результатов, их систематизация в контексте задач исследования, публикация статей по теме, апробация материалов на научных мероприятиях. Оформление полученных результатов.

Достоверность результатов и выводов исследования обеспечивается исходными методологическими принципами, адекватными его целям, задачам и логике исследования, применения совокупности методов исследования, в том числе компаративного анализа, позволяющих осуществлять взаимопроверку полученных данных и давать им адекватную оценку.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует следующему направлению Паспорта научной специальности 5.8.1. Общая педагогика, история педагогики и образования: п. 2

Междисциплинарные основы педагогических исследований (исследование различных направлений развития образования на основе интеграции различных научных областей знаний; исследование педагогической деятельности в контексте социально-философской антропологии; актуализация педагогической составляющей социальных процессов).

Апробация результатов исследования.

Апробация результатов исследования осуществлялась на международных и всероссийских научно-практических конференциях: Международная конференция «Образовательное пространство в информационную эпоху» International conference "Education Environment for the Information Age" (EEIA)» в 2021, 2023 г. (Москва, ФГБНУ «ИСПО»), Международная научная конференция «Образование в условиях стремительно меняющегося мира» в 2022 г. (Москва, МГУ, РАО), «Приоритеты воспитания: историко-культурный поиск и современные практики» в 2021 г. (Воронеж, ВГПУ), «Дистанционное образование: трансформация, преимущества, риски и опыт» в 2020 г. (Уфа, БГПУ), а также на заседаниях лаборатории дидактики общего и профессионального образования, кафедры педагогики в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Институт стратегии развития образования».

Структура диссертации включает введение, две главы, заключение, список литературы (117 источников), 27 иллюстраций, 29 таблиц, 4 приложения, общий объем работы – 178 страниц.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТИ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

1.1. Теоретические основания междисциплинарности в исследованиях по педагогике

В настоящее время большое внимание уделяется подготовке специалистов, способных успешно адаптироваться к быстро изменяющимся требованиям рынка труда. Для этого необходимо создать условия при отборе содержания образования, которые будут способствовать такой подготовке. Одним из множества возможных способов реализации этой задачи является применение междисциплинарного подхода в образовании, при использовании которого у обучающегося формируется критическое мышление, его гибкость и креативность, что способствует дальнейшему самообразованию и повышению своей квалификации как профессионала.

Тема междисциплинарности в педагогике достаточно давно является актуальной. Сама идея междисциплинарности относится ко временам зарождения науки, однако выделение междисциплинарности в осмысленное понятие в рамках исторических наук началось в 1920-х г.г. с исследований Л. Февра и М. Блока, [6,73] так как они пропагандировали использование методов и инструментов смежных научных дисциплин в исторических исследованиях. Позже Ф. Бродель [7] в своем научном труде «Материальная цивилизация, экономика и капитализм» описал необходимость использования в исторических работах социальных дисциплин ради создания междисциплинарной общественной науки и в дальнейших исследованиях продолжил развивать идеи об объединении социальных наук.

Как видим, междисциплинарный подход используется в гуманитарных исследованиях, но гораздо шире его применение в естественно-научных исследованиях. В настоящее время именно на рубеже наук, на их стыке, там, где возможно рассмотрение предмета исследования с различных точек зрения,

создаются новые, более полные характеристики уже более или менее известных феноменов. Возникшие относительно недавно междисциплинарные науки отражают необходимость получать новые знания, описывать явления, опираясь на теоретические основы, принадлежащие различным дисциплинам.

Что касается гуманитарных исследований, междисциплинарность характерна для социологии, психологии, истории, других наук. Междисциплинарный подход здесь точно так же позволяет полнее, целостнее рассматривать процессы и явления в социуме или при формировании личности человека, выявлять связи, анализировать и интерпретировать результаты исследований в соответствии с условиями, в которых они проводились. Рассмотрим подробнее, как используется междисциплинарный подход в науке, в частности, в той, которая сама по себе является междисциплинарной – педагогике, какое теоретическое обоснование при этом он получает в современных условиях.

Под современными мы понимаем те условия, которые складываются в течение последних десятилетий в обществе и влияют на систему образования и вместе с ней – на все стороны образовательного процесса.

Прежде всего, это признание того факта, что человечество сталкивается с серьезными угрозами и вызовами: экологическими, геополитическими, экономическими, технологическими, социальными. Проблемы, которые скрываются в каждой из групп вызовов, прямо или косвенно влияют на образование [26].

Цифровизация общества и цифровая трансформация образования также являются проявлениями происходящих изменений. Под цифровой трансформацией образования понимается «результат процесса возникновения существенных изменений, произошедших в сфере образования (позитивных, негативных), при активном и систематическом использовании цифровых технологий в образовательных целях» [60]. Цифровую трансформацию образования не следует понимать как цифровизацию. Этот процесс характерен для многих сторон жизни общества и представляет собой «процесс модернизации

человеческой цивилизации за счет внедрения цифровых технологий во все сферы жизни общества» [75].

Перечисленные факторы не исчерпывают темы современных условий, в которых развивается образование, однако и уже упомянутые оказывают существенное влияние на образовательную систему и образовательный процесс.

Рассмотрим проблему использования междисциплинарности в указанном контексте.

Существуют различные определения междисциплинарности, поскольку она используется как в естественно-научных, так и в гуманитарных исследовательских проектах. Рассмотрим некоторые из них с точки зрения философии и педагогики.

Философия задает общее научное мировоззрение, через которое происходит познание и взаимодействие с миром.

В Проективном философском словаре «междисциплинарность» представлена как «осмысление, осуществляемое за рамками конкретной определенной научной дисциплины» [54].

Для философии междисциплинарность и междисциплинарные исследования — это работа с объектом исследования вне дисциплинарного подхода, то есть это общий подход для классификации или рассмотрения объекта, при котором будут учтены все параметры объекта [54].

Выделяются два подхода в области междисциплинарных исследований. Первый подход подразумевает взаимодействие систем дисциплинарных знаний в процессе функционирования наук и их интеграции и дифференциации [40]. Второй подход определяют как взаимодействие исследователей в совместном изучении различных аспектов одного и того же объекта, то есть изначально к изучению объекта привлекают исследователей из разных дисциплинарных областей знаний [40].

В отличие от философии, наука подразумевает деление на дисциплины, и рассмотрение одного того же предмета может стать предметом изучения не одной науки, а нескольких.

Поэтому в области социально-гуманитарных наук становление междисциплинарности обусловлено тем фактом, что в центре исследования этих наук стоит человек, что означает постоянное взаимодействие между такими дисциплинами, как педагогика, физиология, психология, социология и другие науки. Представления о междисциплинарности в естественно-научных дисциплинах в большой степени связаны с появлением «междисциплинарных дисциплин», таких как биофизика, биохимия, социобиология, бионика, эргономика и т. д. Описывая методологию междисциплинарных исследований, немецкий физик-теоретик Герман Хакен ввел термин «синергетика», интересы которой распространяются на все отрасли естествознания [79]. Синергетика – область научного знания, в которой посредством междисциплинарных исследований выявляются общие закономерности самоорганизации, становления устойчивых структур в открытых (взаимодействующих с окружающей средой) системах. [34]. Синергетика оказала большое влияние на представления о междисциплинарности в научном познании, поскольку интегрирует инструменты познания человеком природы, общества и самого себя. Так, качественно новая методология, разработанная в рамках синергетики, стала использоваться не только в естественно-научных исследованиях, но и в гуманитарных.

С этой точки зрения принцип междисциплинарности, который развивается в синергетике, применим и в педагогике, поскольку педагогический процесс можно рассматривать как систему, в которой взаимодействуют субъекты, имеется пространство и среда этого взаимодействия.

Согласно этому принципу, например исследование задач организации систем образования в пространственном формате, как показывает С. В. Иванова, имеет четко выраженный междисциплинарный характер. Междисциплинарность позволяет рассматривать предмет исследования более масштабно с применением методов и приемов исследования, характерных для наук, привлекаемых к исследованию, создавать исследователю новый инструментарий для изучения понятия или явления, выявлять возможности интеграции процессов, исследований и т. д. [24].

Тогда при моделировании в педагогике можно использовать инструментарий «чужих наук», что тем не менее не мешает педагогике в целом оставаться междисциплинарной гуманитарной наукой [23].

В педагогических исследованиях междисциплинарность также понимается как «форма организации исследований, предусматривающая сотрудничество между представителями разных дисциплин в решении комплексной практической или научной проблемы» [69].

Из определения междисциплинарности в педагогике, согласно «Педагогическому тезаурусу», следует, что междисциплинарные исследования — это «способ организации исследовательской деятельности, предусматривающий взаимодействие в изучении одного и того же объекта представителей различных дисциплин» [69], что коррелирует со вторым подходом к пониманию междисциплинарности в исследованиях в философии [40]

Исходя из рассмотренных определений междисциплинарности, представляется возможным выстраивать связи в педагогике между учебными предметами на основании понятий из различных научных дисциплин. При таком подходе выявляются более сложные связи, которые позволяют воспринимать и описывать явления реального мира с точек зрения различных дисциплин, представляя возможность обучающемуся сформировать целостное представление о понятиях и феноменах. Еще одним плюсом такого подхода при рассмотрении основного содержания образования является синтез между естественно-научными и гуманитарными предметами, что позволяет обучающемуся сформировать более полную картину мира: в принципе, изучаемые явления не относятся к отдельным конкретным научным дисциплинам, а всего лишь описываются с их позиций.

Из этих определений также следует, что междисциплинарность предполагает взаимодействие различных научных дисциплин, которые позволят описать объект максимально полно. В этом случае в процессе обучения применяются такие методы научного познания, как сравнение, систематизация, анализ и синтез, проведение аналогий, моделирование, абстрагирование, идеализация. В отличие от предметно-ориентированного обучения, поощряющего

простые действия: узнавание, воспроизведение, понимание и применение, использование междисциплинарности способствует развитию у обучающегося навыков XXI века, которые включают, помимо коммуникации и совместной работы, критическое и творческое мышление.

Об этом же в своем исследовании междисциплинарности в дидактике пишет И.М. Осмоловская: необходимость быстро реагировать и действовать в условиях нестабильности и неопределенности общества; глубокое влияние информационно-коммуникационных технологий на жизнь человека в целом и образование в частности, изменения в психологической сфере «поколения цифры», современная геополитическая и социокультурная ситуация в обществе задают новый уровень исследованиям в дидактике. На смену моно- или полидисциплинарным исследованиям приходят междисциплинарные, для проведения которых необходимо создание особой методологии, выработки специфического методологического аппарата [43].

Как и педагогика, дидактика объединяет знания различных наук – психологии, физиологии, социологии, культурологии, позволяющих рассматривать проблемы усвоения знаний, формирования умений, навыков, в общем смысле – проблемы обучения, образования и преподавания.

Поэтому психодидактика, которую И.М. Осмоловская рассматривает в своих работах, в качестве предмета своих исследований объединяет и то, что изучает дидактика сама по себе, и психология, то есть «...оба предмета изучения: из психологии – особенности психического развития человека; из дидактики – процесс обучения. В итоге получается гибридный предмет – изменения в психике человека под воздействием обучения. Иными словами, психодидактика нацелена на конструирование такого процесса обучения, который обеспечит развитие психики ребенка» [43, 23].

Еще одно междисциплинарное направление развития дидактики – «когнитивная дидактика». Ее проблематика включает вопросы когнитивистики (междисциплинарная область, строящаяся на теоретико-методологических основах теории познания, когнитивной психологии, нейрофизиологии,

когнитивной лингвистики, когнитивной антропологии и теории искусственного интеллекта), то есть «... различные аспекты познания: мыслительные процессы, происходящие в мозгу человека и выполняющие функцию рационального познания; способности, обеспечивающие познание; организация структур знания в познавательном процессе и их моделирование; системы репрезентации знаний; языковые образования, репрезентирующие когнитивные структуры; когнитивные стратегии; нейронная активность мозга в процессах познания» [43]. И, как показывает автор, когнитивная дидактика также является сложной составной областью теоретической педагогики, в которую входят следующие направления: когнитивное обучение, его методы, приемы и средства; когнитивные технологии обучения; когнитивная визуализация дидактических объектов и их когнитивная проекция; дидактический дизайн.

Хотя сами по себе направления определяют в достаточной степени практико-ориентированную проблематику, междисциплинарность в данном случае проявляется в создании специфических конструктов когнитивистики, сопровождающейся адаптацией ее идей и научных понятий для создания дидактических средств обучения инструментального типа [43, 32].

Расширение полей исследования в междисциплинарных областях приводит к появлению и других направлений в дидактике – нейродидактика, кибердидактика, социодидактика. Каждое из этих направлений рассматривает свой круг проблем обучения, зачастую принося несвойственный «классической» педагогике инструментарий: аппаратуру для магниторезонансных или электроэнцефалографических исследований, методы и методики: биографический метод, методики построения выборки, измерения и анализа данных, моделирования (в частности, кибернетического) и т.д.

При том, что психология, социология, когнитивные и нейронауки имеют устоявшиеся методологии и методы исследований, дидактика не становится «вспомогательной» наукой в каждом из этих случаев. Специфика дидактики как науки, и И.М. Осмоловская это подчеркивает, заключается в том, что она имеет также конструктивно-техническую часть, в которой разрабатываются

нормативные предписания практике — как построить процесс обучения для достижения тех или иных целей, в случае психодидактики — целей развития интеллектуальной, эмоциональной, волевой сфер личности [42, 62]. Поэтому можно подтвердить, что современные направления дидактики имеют типичные признаки междисциплинарных исследований: общий (гибридный) предмет исследования, взаимодополняющие методы исследования, принадлежащие интегрированным наукам теоретико-методологические основы для проведения исследований, результаты, обогащающие как дидактику, так и интегрированные «составляющие» других наук [42].

Зарубежные ученые в подобном ключе интерпретируют междисциплинарность: так, В.Г. Ньювелл необходимым условием для использования ее как принципа исследования наличие сложности и самоорганизации системы или явления [66]. В этом случае, при моделировании необходимо учитывать как отдельные составляющие, так и общую структуру, создаваемую их общим взаимодействием. Различные научные (а в случае образования – учебные) дисциплины предполагают изучение отдельных аспектов явления или подсистем, междисциплинарность позволяет представить объект (систему, явление) целостно. Так, Ньювелл пишет, что междисциплинарность заимствует идеи из соответствующих дисциплин и объединяет их для более полного понимания [66, 105].

Анализ междисциплинарных исследований в зарубежной педагогике показывает, что они проводятся в различных областях. Так, в области когнитивной дидактики примером может служить «Панельное исследование развития языковых, когнитивных умений и начальной грамотности учащихся I ступени основной школы», выполненное коллективом педагогов, психологов, социологов и лингвистов в 2013-2015 гг. в Карловом университете (Чешская Республика) на факультете социальных наук [66, 106].

Исследование развития языковых, когнитивных умений и начальной грамотности у школьников, поступающих в начальную школу, выявило

зависимость подготовки детей от трех факторов: семья, социальное окружение, местоположение школы.

Еще одним примером междисциплинарного исследования может служить подтверждение функциональности концепта академического оптимизма в чешской основной школе и зависимости между академическим оптимизмом и результатами обучения [66, 113], проводимое в рамках лонгитюдного исследования о влиянии полученного образования, имеющихся способностей и результатов обучения соискателей на рынке труда. Исследователи проверяли гипотезу о том, что в подготовке будущих учителей необходимо учитывать их профессиональные убеждения, помимо содержания и методических знаний (относительно того, чему и как учить) [15].

На междисциплинарной основе может быть проведена формальная стандартизация образования, включающая стандартизацию содержания образования, профессиональной подготовки педагогов и оценку качества образования. Так, опыт такой стандартизации в Австралии и США показывает, что существующие государственные образовательные программы не только позволяют обучающимся изучить школьные дисциплины с целью получения традиционных знаний и умений, но и сформировать ценности и навыки в социальной и духовно-нравственной сфере, необходимые для жизни и успеха в настоящее время и в будущем. Родители, семьи также принимают активное участие в планировании и организации образования для своих детей, поэтому их необходимо включать в органы управления школами, а их интересы и взгляды реализовывать в национальных стандартах среднего образования [66, 111, 67].

1.2. Сравнительно-сопоставительный анализ междисциплинарных и межпредметных связей в образовательном процессе

Определение междисциплинарности с точки зрения философии и педагогики было представлено в п.1.1. В этом параграфе рассмотрим междисциплинарные связи в педагогическом аспекте.

Необходимость заимствовать теории, концепции и методы для решения конкретной проблемы распространена как в естественно-научном, так и в гуманитарном познании. Интеграция, взаимодействие, обмен научными идеями и методами исследования приводят к получению качественно новых результатов [16, 31, 105, 94, 56, 65].

Исходя из такого понимания сущности междисциплинарности, можно предложить наше понимание междисциплинарных связей: это отношения общности, взаимозависимости и согласованности между предметами исследования различных областей науки на основе интеграции научных идей и методов исследования отдельных дисциплин при условии создания специфической методологии междисциплинарного исследования.

Тогда в педагогике междисциплинарные связи можно описать так: это отношения общности, взаимозависимости и согласованности в содержании образования с учетом теоретического и практического вклада отдельных дисциплин при условии их интеграции.

При таком понимании междисциплинарных связей становится очевидно, что интеграция теоретико-методологических основ различных дисциплин применительно к образовательному процессу является достаточно сложной процедурой на уровне общего образования. Поэтому наряду с понятием «междисциплинарность» существует еще несколько понятий, в разной степени выражающих степень интеграции в образовательном процессе [21]: метапредметность, межпредметность которую зачастую в педагогике используют как синоним междисциплинарности. Межпредметные связи в педагогике можно охарактеризовать как «взаимную согласованность образовательных программ, обусловленную системой наук и учебно-воспитательными целями» [69]. Из этого определения следует, что межпредметные связи используют принципы междисциплинарных связей, но не углубляются во взаимосвязь научных дисциплин, а пытаются объединить их по общим признакам. «В обучении межпредметные связи отражают комплексный подход к воспитанию и обучению, позволяют вычленить как главные элементы содержания образования, так и

взаимосвязи между учебными предметами» [61].

Приведем еще один пример определения межпредметных связей: их «... понимали как отражение межнаучных связей в содержании и методах обучения, как принцип обучения, средство обучения, условие обучения, способ обучения, особенность обучения, составляющую часть обучения, резерв обучения, взаимную согласованность учебных программ и др.» [53, 83, 84, 55].

Изучению межпредметных связей и их роли в образовательном процессе посвящено много исследований. В дидактике не существует единого мнения по поводу природы междисциплинарных связей. В научной литературе можно выделить различные виды понимания междисциплинарных связей: и как дидактического условия, способствующего фасилитации образовательного процесса и повышению степени его научности, тем самым внося вклад в решение задачи по повышению эффективности обучения и повышения качества образования; и как педагогической категории, в рамках которой происходит освоение учебного материала в комплексе с содержанием смежных учебных дисциплин, что оказывает влияние на все стороны образовательного процесса [64], и как в определенной мере реализации принципа систематичности «в формировании научного мировоззрения, в развитии мышления, творческих способностей, оптимизации процесса усвоения знаний и в конечном итоге – совершенствования всего учебного процесса» [35].

Таким образом, межпредметность заключается в сопоставлении дисциплин, в поисках сходства в содержаниях учебных предметов, применении одинаковых методов и/или при их заимствовании, при этом межпредметность исследователями рассматривается как педагогические условия, особая категория или проявление принципа систематичности в обучении.

В свою очередь, междисциплинарность – это интеграция дисциплин на новом методологическом уровне при заимствовании методов из смежных дисциплин. Несмотря на кажущуюся схожесть – заимствование методов из разных дисциплин, междисциплинарность не сводится к суммированию составляющих отдельных дисциплин, но является построением качественно

нового знания со своей спецификой теоретико-методологических основ для проведения исследований и использования их результатов.

Таким образом, междисциплинарность в образовании, основанная на глубокой интеграции научных дисциплин, является принципом, способствующим повышению эффективности и качества образования. Установление междисциплинарных связей и целенаправленная работа с ними позволяет обучающимся формировать целостную научную картину мира. Однако разработка образовательных программ на основе междисциплинарных связей достаточно сложна, затрагивает изменения в содержании образования. Межпредметность развивает у обучающихся умения сравнивать и сопоставлять, организационный аспект «межпредметных уроков» легче реализовать без серьезных изменений рабочих программ по учебным дисциплинам. При этом проведение даже таких уроков вносит свой вклад в повышение качества результатов обучения.

Тем не менее, в нашей работе мы рассматриваем установление междисциплинарных связей в содержании образования, несмотря на то что междисциплинарность, по сути, является более сложным уровнем синтеза научных (в образовании – учебных) дисциплин. Это обосновывается несколькими аргументами.

Наука и образование оказывают взаимное влияние друг на друга. Влияние образования на науку в достаточной степени очевидно: хорошо подготовленные, образованные, творческие личности в науке проявляют себя как высококвалифицированные исследователи, изобретатели, мыслители, создатели концепций и теорий, разработчики моделей и т. д.

Влияние науки на образование также известно: она определяет содержание образования, принцип научности является одним из основных в современном образовании, в науке (педагогике) разрабатываются и обосновываются способы (приемы и методы) формирования личности в процессе образования.

Современная наука развивается и изменяется. Она приобретает интегративный характер, появляется множество научных дисциплин,

возникающих на стыке различных наук: биофизика, биохимия, астрофизика, различные области социологии (например, социология образования) и другие. Все они строятся как междисциплинарные исследовательские проекты.

В науке нет деления на предметы, как в учебных дисциплинах, и буквально не может идти речи о межпредметных связях.

С целью подтверждения нашей позиции приведем цитату из монографии Ю.К. Бабанского: «... многопредметность усложняет учебный процесс, разрывает научные связи, ведет к дублированию материала, не способствует у учащихся восприятию целостной картины мира» [3]

Необходимо подчеркнуть, что именно междисциплинарность способствует формированию целостного представления об изучаемом объекте у обучающихся, что ведет к уточнению формирующейся научной картины мира. Важно, что включение междисциплинарности в обучение формирует необходимые метапредметные результаты у обучающихся (их группы перечислены в федеральных государственных образовательных стандартах: универсальные учебные познавательные действия, универсальные учебные коммуникативные действия, универсальные регулятивные действия). Их развитие способствует повышению заинтересованности и мотивации к обучению, синхронизация тем, изучаемых в различных предметах, позволит тратить меньше времени на выполнение домашних заданий, что очевидно снижает учебную нагрузку на обучающихся. Это также способствует развитию критического мышления у обучающихся, их самостоятельной учебной деятельности. Преодоление отчуждения науки от практической деятельности человека помогает связать теоретические знания с практикой повседневной жизни людей, способствует формированию функциональной грамотности и навыков XXI века у обучающихся.

Исходя из всего вышесказанного, в нашей работе мы исследуем установление междисциплинарных связей в содержании основного общего образования (на примере учебных предметов «Алгебра», «Геометрия» и «Физика»).

1.3. Применение идей междисциплинарности в образовательном процессе

В педагогической науке рассматривается важность знака и символа при обучении. Умение понимать их и пользоваться ими также является одним из способов реализации принципа междисциплинарности, это давно известно в сфере педагогической семиологии [63].

В современном образовании внедрение виртуальной или дополненной реальности, дополнительных аудио-, визуальных или тактильных эффектов тоже можно отнести к развитию междисциплинарных связей: не только текст, но и другие знаки предоставляют информацию, и их понимание также способствует повышению качества образования.

Вообще, интеграцию в современном образовании понимают широко: это и обучение детей с особенностями развития вместе с другими детьми, и организационные принципы образовательных организаций, и специфические методы и технологии, связанные с самостоятельной активной деятельностью обучающихся.

Зарубежные педагогические исследования показывают, что в современных условиях принцип интеграции можно отнести к содержанию образования. Если в образовательном процессе у обучающихся формируются общие теоретические методы научного познания (анализ, синтез, сравнение и т.д.), эти методы систематически применяются в контексте одного или нескольких учебных предметов, его тоже можно рассматривать как междисциплинарный [66, 92].

На основе такого принципа можно формировать образовательные программы, помогающие обучающимся сформировать целостную картину мира. Этого можно достичь, если программа будет включать как можно больше перекрестных междисциплинарных связей, а учебный материал будет представлен в интегрированном виде [66].

Для создания таких программ требуется выделить основные концепции и понятия, общие для входящих в них предметы; определить основные методы научного познания, которые будут использовать обучающиеся, и

конкретизировать виды деятельности; потребуются организационно-управленческие решения для реализации таких курсов [66, 98].

Разработка таких программ требует не только глубокого знания у составителей содержания нескольких учебных дисциплин, но и существенной последующей переподготовки педагогов, которые будут преподавать интегрированный курс.

В ряде стран на основе интегрированного подхода к обучению, объединяющего несколько дисциплин, созданы различные курсы. Их названия зачастую означают комплексный характер образовательных программ. Обозначим основные:

STEM (science, technology, engineering, and mathematics) – естественно-научные дисциплины, технология, инженерные и математические дисциплины [94].

STM (scientific, technical, and mathematics) – естественно-научные дисциплины, инженерные и математические дисциплины [117].

eSTEM (environmental STEM) – экология, естественно-научные дисциплины, технология, инженерные и математические дисциплины [93].

STEMIE (science, technology, engineering, mathematics, invention and entrepreneurship) – естественно-научные дисциплины, технология, инженерные, математические дисциплины, а также изобретательство и предпринимательство [86].

STEMS² (science, technology, engineering, mathematics, social sciences and sense of place) – естественно-научные дисциплины, технология, инженерные, математические дисциплины, а также социальные науки и чувство места [95].

METALS (STEAM + Logic) – естественно-научные дисциплины, технология, инженерные, математические дисциплины, искусство и логика [101].

STREM (science, technology, robotics, engineering, and mathematics) – естественно-научные дисциплины, технология, робототехника, инженерные, математические дисциплины [102].

STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) – естественно-научные дисциплины, технология, инженерные, математические дисциплины и искусство [112].

A-STEM (arts, science, technology, engineering, and mathematics) – естественно-научные дисциплины, технология, инженерные, математические дисциплины и искусство, где искусство преобладает [109].

STEAM (science, technology, engineering and applied mathematics) – естественно-научные дисциплины, технология, инженерные дисциплины и прикладная математика [116].

SHTEAM (science, humanities, technology, engineering, arts, and mathematics) – естественно-научные дисциплины, гуманитарные дисциплины, технология, инженерия, искусство и математика [85, 110].

STEM (как и его вариации) направлен на усиление подготовки специалистов, деятельность которых направлена на развитие и поддержание технологических достижений человечества, которые с каждым годом становятся все сложнее. Комплекс предметов STEM как один из первых представителей такого рода объединения учебных дисциплин несет в себе задачу унификации методов обучения специалистов для упрощения коммуникации этих специалистов при работе в международных проектах. Стоит отметить, что технологическое развитие производства уже несколько десятков лет диверсифицировано во всем мире, отдельные страны редко производят высокотехнологичные продукты самостоятельно. Комплекс дисциплин STEM в таких условиях предоставляет возможность стандартизировать подготовку специалистов для высокотехнологичных отраслей производства. Очевидны и недостатки узкой специализации в обучении, это ограничивает возможности творчески решать проблемы и задачи в естественных науках и инженерии. Осознавая подобные риски комплекс дисциплин STEAM предполагает, что специалисту, востребованному на современном рынке труда, необходимо быть не просто квалифицированным или узкопрофильным исполнителем, а иметь возможность творческого подхода для решения нетривиальных задач или проблем. Для этого в

аббревиатуре STEAM есть A (art), которое обеспечит формирование творческих способностей [2].

Аббревиатура HASS (Humanities, arts, and social sciences) расширяется как «гуманитарные науки, искусство и социальные науки». Этот комплекс гуманитарных дисциплин используется в некоторых зарубежных странах. В Великобритании в 2020 году эта аббревиатура была сменена на SHAPE (Social Sciences, Humanities and the Arts for People and the Economy) – «социальные науки, гуманитарные науки и искусство для людей и экономики». На данный момент HASS – это новое направление, которое только начинает привлекать внимание отечественных исследователей в области педагогики, в связи с чем комплекс HASS еще мало описан в российской педагогической литературе.

Комплекс предметов HASS изучается в MIT (Massachusetts Institute of Technology) [97], где согласно программе, студенты должны дополнительно включать от трех до четырех предметов из списка дисциплин HASS, тем самым расширяя понимание выбранной специальности. Также обучающиеся могут выбрать дисциплины, которые не входят в их стандартную программу обучения, однако связаны с ней, тем самым также расширяя свой кругозор. Необходимо уточнить, что в данном случае это не аналог российских дисциплин по выбору [107]. Речь идет именно об интегрированном подходе, позволяющем обучающимся использовать знания, полученные при комплексном изучении группы учебных дисциплин. Рассмотрим в качестве примера такое объединение из комплекса HASS, входящее в список изучаемых курсов в MIT, так как здесь явно показаны междисциплинарные связи с основной программой – «Russian and Eurasian Studies» (Изучение России и Евразии). Это направление предоставляет выбор для изучения следующих курсов:

Внешняя политика России: по отношению к постсоветским государствам и за их пределами;

Введение в классику русской литературы;

Введение в русский язык;

Русский язык I уровень;

Русский язык II уровень;

Русский язык III уровень;

Русский язык IV уровень;

Русский язык V: Русский язык для STEM;

Продвинутый русский язык: Исследования в российской культуре, обществе и СМИ;

Империалистическая и революционная Россия: культура и политика;

Советская и постсоветская политика и общество, 1917 г. - настоящее время [17].

Из этого списка совмещенных основных обучающих курсов можно сделать вывод, что представленное направление из комплекса предметов HASS имеет четкую связь с основным курсом, позволяет углубить и расширить свои знания в специфической области. В приведенном примере это изучение языка и культуры России. Благодаря такому подходу обучающиеся получают более глубокое понимание основной программы, так как направление HASS создано на основе междисциплинарных связей, которые формируют целостное понимание изучаемого предмета.

Необходимо отметить, что создание комплексов предметов из группы естественных наук и технологии (STEM и др.) и группы гуманитарных наук (HASS) — это развитие идеи об объединении предметов на основе межпредметных связей. Эффективность этих программ зависит не от количества объединенных предметов, а от качества выявленных связей между объединяемыми дисциплинами. Так, с ростом количества предметов сложность организации межпредметных связей будет возрастать экспоненциально. Важно выделить также еще один аспект экспоненциального роста сложности объединения дисциплин - а именно, неразработанность инструментария, с помощью которого можно систематизировать эти связи. Таким образом, создание таких комплексов дисциплин пока является отчасти экспериментальным. Тем не менее, очевидным плюсом развития подобных комплексов дисциплин является возможность более устойчивого и эффективного усвоения материала за счет

формирования гибкого мышления у обучающихся, в чем видится отчетливое стремление к возникновению новой парадигмы бездисциплинарного, а точнее метадисциплинарного обучения [108, 88, 91, 90].

Эти и другие программы применяются в образовательном процессе на уровне среднего общего и высшего образования, однако у таких программ, помимо положительных черт, таких как развитие творческого мышления, углубленное понимание предметов, входящих в программу обучения, и эффективное усвоения материала за счет формирования гибкого мышления у обучающихся, есть и отрицательные черты. Наиболее существенным недостатком представляется замыкание междисциплинарного подхода в среде естественно-научных дисциплин и отсутствия интеграции гуманитарных дисциплин: наличие предмета «искусство» не позволяет в полной мере компенсировать представленность всего спектра гуманитарных дисциплин.

Несмотря на то, что междисциплинарность в образовательном процессе еще не нашла окончательных форм реализации, формирование междисциплинарных связей у обучающихся обеспечивает высокое качество образования. Это происходит за счет того, что у обучающихся, получающих представления о целостной картине мира, развивается креативность и гибкость мышления, формируется критическое мышление, высокая мотивация к обучению способствует тому, что специалисты будут готовы к дальнейшему самообразованию.

1.4. Основные тенденции применения современных информационных технологий в образовании

Усиление роли информационно-коммуникационных технологий в жизни общества меняет многие сферы жизни людей. Такие изменения происходят и в образовании.

Анализ научной литературы показывает, что основные тенденции применения современных информационных технологий в проектировании

образования прослеживаются непосредственно в оснащении образовательной организации информационными устройствами; во внедрении новых информационных технологий в педагогические технологии; в создании информационной образовательной среды (ИОС) организации; в формировании специфической коммуникации в условиях использования информационных технологий и информатизации, а также цифровой трансформации образования субъектов образования.

Цифровая трансформация образования – это результат процесса возникновения и развития существенных и системных изменений, произошедших и происходящих в сфере образования (как позитивных, так и негативных), как следствие активного и систематического использования цифровых технологий в образовательных целях, в том числе реализации возможностей технологий неконтактного информационного взаимодействия, технологий отображения и трансформации реальных объектов, процессов, сюжетов в виртуальные. (VR, AR, MR, XR) [59].

Цифровая трансформация затрагивает многие сферы образования: содержательную часть образовательного процесса, средства обучения, профессиональную педагогическую подготовку, информационно-образовательную среду и другие аспекты, связанные с функционированием социального института образования.

Этот процесс получил дополнительный импульс своего развития из-за пандемии COVID-19, при которой возникла необходимость повсеместного перехода на дистанционное образование в целях обеспечения безопасности здоровья обучающихся и преподавателей.

Очевидно, что не только ускоренная ориентация образования на цифровизацию среды обучения связана с событиями последних двух лет, локдаунами и вынужденным переходом в дистанционную форму обучения. Сам темп развития постиндустриального общества (некоторые страны явно переживают 6 технологический уклад / 4 промышленную революцию) заставляет

перестраиваться многие отрасли экономики, что вызывает изменения социальных институтов, и образования – в их числе.

Процесс цифровой трансформации образования несет с собой определенные риски. Назовем некоторые из них:

- отмечаемая многими исследователями потеря воспитательного элемента в образовании,
- развитие психических расстройств, связанных с использованием информационных технологий,
- проблемы гигиенических норм в условиях использования электронных устройств школьниками [114, 17].

Безусловно, список этих проблем далеко не полон, поэтому необходимо уточнить, почему перечисленные риски представляются настолько серьезными. Прежде всего, при такой стремительной информатизации школьного образования они оказывают влияние и на другие области современного общества. Некоторыми авторами отмечалось, что из-за цифровизации общества «пропадает историческая память, меняются смыслы жизни у новых поколений и духовные ценности», и это «способствует формированию номофобии, смартфонозависимости и интернет-зависимостей» [33, 70]. Для образования это влияние означает, что гуманитарный компонент и его возможности формирования духовных ценностей, человечности и гуманности, а также формирование мышления попадают под влияние вышеописанных проблем информатизации [78].

В обществе стремительно развиваются новые психические расстройства, связанные с использованием современных технологий, которые оказывают влияние на здоровье. Недаром один из наиболее актуальных вопросов, поднимаемых международными организациями (прежде всего, ООН, ЮНЕСКО и т. д.) – это вопрос психического здоровья наций. Подобные факторы, которые появляются из-за широкого и частого использования информационных технологий, также оказывают дополнительное давление на учащихся школ [74].

Согласно гигиеническим нормативам [13], существующие нормы обеспечивают защиту детей с 1 по 11 класс, но не дают гарантий безопасности

обучающихся за пределами школы, так как, согласно требованиям, для учеников с 5 по 9 класс можно в среднем использовать электронные средства обучения всего 120 минут в сутки, при том что 60 минут будет затрачено на использование в школе. В данной ситуации идет речь не о том, что этого времени не будет достаточно для работы в условиях информатизации образования, где одним из достоинств является наличие единой информационной образовательной среды, а о том, что в принципе невозможно организовать полное соответствие использования электронных средств обучения гигиеническим нормам и требованиям [13].

Однако информатизация имеет не только негативные факторы влияния на образование, но и обладает рядом потенциальных преимуществ.

Современные смарт-устройства могут помогать в процессе обучения. Помимо компьютеров, это могут быть смартфоны, планшеты, экран которых позволяет разместить комфортное количество информации без нарушения гигиенических нормативов [13]. Использование планшетов учениками всей школы — уже реализованный подход к созданию «смарт-школ».

Один из небольших примеров – опыт Южной Кореи и ее «смарт-школ», которая, благодаря грамотной политике государства в вопросах компьютеризации образования и национальной программы «Школа будущего», смогла создать информационно-образовательную службу EDUNET [100]. В ее рамках предлагается обширный спектр возможностей, например, повышение квалификации работников образовательных организаций, подготовка и оценка специалистов образовательных организаций, реализуется дистанционное образование, обучение на дому, дополнительное образование после основных занятий в образовательных организациях. Также правительство поддерживает и обеспечивает создание цифровых учебников для дополнительного образования. Организация учебного процесса построена с учетом индивидуальных особенностей обучающихся с системой поддержки и реализации собственных возможностей ученика. [14]

В России «сма́рт-шко́л», соответствующих уровню реализации в Южной Корее, в настоящее время нет, однако Национальный проект «Образование» предусматривает создание таких условий, которые позволят появляться смарт-школам и в нашей стране. Существуют приближенные аналоги смарт-школ, это «новые» школы, которые построены с учетом архитектурных и инфраструктурных особенностей. Примерами таких школ могут стать проекты: «Летово», «Хорошкола», «Новая школа» и «Точка будущего». Рассмотрим образовательный комплекс «Точка будущего» [68]: в этом образовательном комплексе реализованы детский сад, школа, объекты для занятия спортом, а также центры социальной и психологической поддержки и коттеджный поселок для приемных родителей. «Точка будущего» предполагает бесплатное обучение, образовательная программа построена на соединении методик «деятельностного образования», инклюзии, социальной адаптации, психолого-педагогического сопровождения. Школа ориентирована на детей-сирот и детей с ограниченными возможностями. Несмотря на такой инновационный подход, который заявлен в этом образовательном комплексе, этот пример не может полноценно считаться смарт-школой. Здесь не реализован полностью комплекс поддержки обучения с использованием информационных технологий во время и вне образовательного процесса, что предоставило бы обучающимся свободный доступ к верифицированной информации, дополняющей образовательный процесс, однако подобные примеры могут стать базой для развития идей школы будущего и смарт-школ в России [68].

Современные тенденции развития общества и технологического прогресса развиваются и сменяются очень быстро, и эти процессы неизбежно приводят к тому, что стремительная информатизация в школах и университетах — это реальность, с которой нужно не только считаться, но и активно работать. В этой связи стремительная информатизация школьного образования — это объективный процесс, в котором наше государство постепенно наращивает темпы решения связанных с ней проблем, чему способствует запущенный в России Национальный проект «Образование» (Федеральный проект «Цифровая

образовательная среда [45]»), в рамках группы Национальных проектов, задачей которого и является обеспечение цифровой трансформации образования.

Одним из направлений является цифровая трансформация организации и управления образованием с использованием технологий больших данных.

Технология больших данных использует различные методы обработки данных для разных назначений использования информации. Методы и техники анализа, применимые к большим данным, выделены в отчете McKinsey, приведем некоторые из них:

- Методы класса Data Mining: обучение ассоциативным правилам, классификация, кластерный анализ, регрессионный анализ.

- Смешение и интеграция различных техник, позволяющих интегрировать разнородные данные из разнообразных источников для возможности глубинного анализа.

- Машинное обучение; использование моделей, построенных на базе статистического анализа или машинного обучения для получения комплексных прогнозов на основе базовых моделей.

- Искусственные нейронные сети, сетевой анализ, оптимизация, в том числе генетические алгоритмы.

- Распознавание образов.

- Прогнозная аналитика.

- Имитационное моделирование.

- Статистический анализ [89].

Наиболее часто указывают в качестве базового принципа обработки больших данных горизонтальную масштабируемость, обеспечивающую обработку данных, распределенных на сотни и тысячи вычислительных узлов, без деградации производительности; в частности, этот принцип включен в определение больших данных от NIST. При этом McKinsey, кроме рассматриваемых большинством аналитиков технологий NoSQL, MapReduce, Hadoop, R, включает в контекст применимости для обработки больших данных

также технологии Business Intelligence и реляционные системы управления базами данных с поддержкой языка SQL [27].

Существует ряд аппаратно-программных комплексов, предоставляющих предконфигурированные решения для обработки больших данных: Aster MapReduce appliance (корпорации Teradata), Oracle Big Data appliance, Greenplum appliance (корпорации EMC, на основе решений поглощенной компании Greenplum). Эти комплексы поставляются как готовые к установке в центры обработки данных телекоммуникационные шкафы, содержащие кластер серверов и управляющее программное обеспечение для массово-параллельной обработки [27].

Зачастую современные технологии активно используют университеты, но это не означает их неприменимость, в школах, а лишь то, что университеты обладают большими возможностями и потребностями. Так, университет Содружества Виргинии совместно с исследовательской компанией Education Advisory Board провели исследование, позволившее выявить студентов в группе риска и помочь им [26]. Студенты, которые стали пропускать занятия или получать плохие оценки, чаще всего покидали учебное заведение. Для университета была создана платформа, которая агрегирует все оценки студентов и находит проблемы. Далее сотрудники могут работать индивидуально – например, предложить студенту репетитора или другую помощь. В течение одного семестра количество студентов, закончивших курс, увеличилось на 16%, а количество студентов, перешедших на следующий курс обучения – на 8 процентов [5].

Еще один пример информатизации — это государственный университет Болл в Индиане [85], который использует большие данные, чтобы анализировать участие студентов в разнообразных мероприятиях кампуса. Этот параметр считается ключевым с точки зрения успехов в учебе. Университет отслеживает частоту посещения кампуса и различных мероприятий с помощью идентификационных карт: если вовлеченность студента снижается, то сотрудники университета выявляют причину и могут предложить помощь [5].

В образовательном процессе, который реализуется с использованием информационно-коммуникационных технологий, возникает множество трудностей с организацией рабочего процесса и формирования управления образованием. Для этого можно использовать технологии больших данных, которые предоставят необходимую информацию по педагогическому процессу в кратчайшие сроки, обеспечат индивидуальной статистикой по каждому обучающемуся и преподавателю, упростят процесс формирования сетки занятий и подключения к дистанционным занятиям, повысят уровень безопасности при формировании информационно образовательной среды и дистанционных уроках, а также позволят формировать индивидуальные и общие библиотеки материалов для занятий. В результате использования технологий больших данных упрощается задача индивидуализации образования благодаря формированию статистики обучающегося. Из этой статистики можно будет сформировать его индивидуальную траекторию дополнительного образования, включающую в себя не только интересующие обучающегося предметы, а также те, где следует повысить уровень подготовки [56, 29].

Технологии больших данных — это удобный инструмент для формирования базы для создания учебного процесса будущего. Если использовать технологии больших данных в связи с другими современными технологиями, к примеру, нейросетями, то это позволит вывести систему образования на новый уровень, в котором обучающийся сможет усваивать больше информации за меньший срок, что позволит адаптироваться к стремительно меняющимся требованиям к специалистам.

Технологии больших данных могут, например, составлять оптимальное расписание, исключая возможные проблемы из-за особенностей учебного учреждения за счет анализа схожих прецедентов. Использование технологий больших данных для составления школьного расписания может стать хорошей основой для дальнейшего развития системы массового администрирования образовательных организаций, в эту систему можно будет включить информацию об успеваемости обучающихся и другую полезную информацию и использовать

эти данные для подключения нейросетей для создания индивидуальных образовательных программ в системе образования [20].

В настоящее время в России используется как составление расписания вручную, так и применяются программы автоматизированного составления расписаний. Сложностью внедрения подобных программ является обособленность их платформ от других программ электронного управления образовательными организациями. Интеграция этих систем является комплексной задачей, требующей наличия в штате программистов высокого уровня.

Приведем несколько примеров.

1С: Автоматизированное составление расписания. Университет. Продукт от компании 1С. Эта программа предназначена для решения задач автоматизированного составления учебных расписаний и оперативного управления помещениями. С ее помощью можно детально настроить расписания с учетом множества факторов. Существует три основных фактора, которые можно выбрать для оптимизации расписания: по помещениям, по группам, по преподавателям.

На практике идеальный подбор и учет параметров происходят не всегда, окончательная доработка расписания происходит зачастую вручную. При этом учесть интересы всех участников образовательного процесса затруднительно, поэтому и возникают «пустые» пары в расписании как у студентов, так и у преподавателей.

Если расписание финализируется вручную, этих недостатков можно избежать, например, в рамках одного факультета. Поэтому говорить о полной автоматизации в такой ситуации пока не приходится [1].

«Галактика Расписание учебных занятий». Продукт российской компании «Галактика». Эта программа также позволяет составлять расписание в автоматическом режиме, корректировать расписания исходя из загруженности аудиторных фондов и предоставляет возможности интеграции в другие продукты от компании «Галактика», также возможна интеграция в другие продукты [11].

Составление расписания является многофакторной задачей. Анализ рекомендаций по составлению расписания для очной формы обучения показал, что одними из наиболее важных факторов, влияющих на регулирование и/или составление расписания, являются локальные регулирующие акты, аудиторный фонд университета [25,47,57].

Аудиторный фонд образовательной организации играет большую роль, так как для большинства дисциплин необходим свой, в некоторых случаях уникальный, набор оборудования в аудитории. Также для проведения лекционных занятий с потоком, в котором может находиться от 60 человек, необходимо оптимально комбинировать занятость аудиторий [25,47,57].

Варьируется работоспособность обучающихся и в различные дни учебной недели. Ее уровень повышается к середине недели и остается низким в начале и в конце недели.

Еще одно ограничение – предметы, требующие больших затрат времени на домашнюю подготовку, не должны группироваться в один день.

Временные затраты на изучение дисциплин регулируются согласно локальным нормативным актам университета и ограничениями по количеству академических часов для студента в один учебный день, от 4 до 8 академических часов в среднем. При этом необходимо выделять требующееся для усвоения материала время [25,47,57].

Основываясь на дескриптивной аналитике, можно быстро выявлять проблемы с составленной сеткой занятий по данным об успеваемости для каждого курса или потока, проводя их сравнения.

Практически все образовательные организации в России работают в основном с локальными данными. Это связано с тем, что в большинстве образовательных организаций отсутствует специальная электронная образовательная среда. Внимание организаций, в которых она есть, в основном сфокусировано на наполнение ее образовательным контентом, а не на обработке информации о его использовании, что могло бы дать дополнительные возможности, и не только для составления расписания [12].

Для задач обучения компьютерные системы могут быть очень эффективны как инструментарий в организационно-управленческой сфере. Примеры успешного применения технологий больших данных показали их способность прогнозировать успеваемость обучающихся и оптимизировать их образовательные траектории, исходя из статистики и благодаря персонифицированному подходу, который учитывает индивидуальные достижения обучающегося не только в рамках одного предмета. Методы объективного анализа данных, составляющие основу алгоритмов действий, позволяют вычислить закономерности, возникающие в процессе обучения, что, в свою очередь, поможет повысить качество обучения [19].

Для решения проблем при автоматизированном составлении школьного расписания эффективными представляются технологии больших данных. Для образовательных организаций, совокупность характеристик которых не имеет аналогов, технологии больших данных помогут эффективно составить уникальное школьное расписание.

Рассмотрим, как применяются технологии больших данных на примерах успешного их использования в университетах, которые создали эффективные системы, помогающие студентам, и упрощающие процесс управления образовательными организациями.

Университет Ноттингем Трент в Великобритании, применив дескриптивную аналитику, смог создать «панель студенческого мониторинга», которая показывает данные о вовлеченности студента в учебный процесс. Данные, которые отображены на этой «панели», — это частота работы с библиотечным фондом, посещение дополнительных курсов, посещаемость занятий и использование электронных ресурсов университета. Главной особенностью является то, что эти данные публичные, каждый студент может следить не только за своими успехами, но и за успехами своих одногруппников. Если же на «панели» студента нет никакой активности в течение двух недель, то система сразу сообщает об этом тьютору, который оперативно реагирует и оказывает необходимую помощь студенту. После трех лет использования этой

системы семьдесят два процента первокурсников отметили, что им стало интереснее учиться, и они стали уделять этому больше времени [20].

Применив предиктивную аналитику, университет Пердью в США разработал систему Course Signals (сигналы курса), отслеживающую успеваемость студентов и определяющую отстающих, которым срочно требуется помощь. Определение отстающих студентов основывается на основе информации о времени, которое тратит студент на выполнение заданий, упражнения какого типа не делает и какие упражнения делает быстро. Также ведется статистика об истории успеваемости студентов, их активности в цифровой среде электронных ресурсов университета, демографические данные. Доступ у этой информации есть у и студента, и у координатора курса. После применения этой системы значительно снизилось число отчисленных по итогам учебного года.

Используя прескриптивную аналитику в университете Остин Пии, США, была разработана рекомендательная система Degree Compass (Компас), которая помогает студентам выбирать курсы и записываться на них. Прескриптивная аналитика позволяет использовать данные о предыдущих действиях студента для предугадывания и предложения схожих курсов или информации. Подбор курсов для студента основывается не только на его личной статистике, но и на общей статистике за все время существования этой системы, что позволяет системе работать с девяностопроцентной точностью.

Пользуясь той же, что и в предыдущем примере, прескриптивной аналитикой, в университете Карнеги-Меллон, США, была разработана система, которая позволяла им составлять индивидуальную траекторию обучения на основе онлайн курсов. Студенты так же получали подробнейшую статистику и на ее основе подбирали дальнейшие онлайн курсы. Эта система позволила сократить время прохождения курсов студентами в два раза [72].

Применение технологий больших данных в образовании позволят сделать программу обучающихся более индивидуальной, сформировать индивидуальные траектории обучения по дополнительным программам, создавать индивидуальное задание для самостоятельного выполнения на основе личных успехов по

дисциплинам, а также обеспечивать проверку усвоения содержания пройденных программ. Обучающиеся смогут получать индивидуальные расширенные рекомендации по дисциплинам и расширенный доступ к информационному пространству. Применение технологий больших данных в университетах позволит уменьшить процент отстающих студентов, так как алгоритмы программ помогут заранее определять обучающихся, которые могут попасть в группы риска; преподаватели смогут получать полную информацию об успехах обучающихся за счет формирования индивидуальной статистики для каждого; с помощью этой статистики можно будет анализировать успехи студента в дисциплинах по выбранным фильтрам. Также применение технологий больших данных позволит помочь обучающимся после окончания школы выбрать наиболее подходящий университет. Технологии больших данных могут формировать цифровое портфолио студентов, окончивших университет для упрощения поиска подходящего места работы. На основе портфолио могут быть подобраны наиболее подходящие по специальности и успехам студента рабочие места.

В каждом из приведенных примеров технологии больших данных позволяют управлять процессом обучения эффективнее, чем классические методы управления образованием. Каждый из указанных университетов сможет после небольшой доработки использовать свои системы для создания расписаний занятий, что позволит учебным учреждениям лучше распределять нагрузку на студентов и повысит качество каждого предмета за счет правильной расстановки в сетке занятий и применения прескриптивной аналитики.

В образовательном процессе с использованием информационно-коммуникационных технологий возникает множество трудностей с организацией рабочего процесса и управления образованием. Именно для этого и необходимо использовать технологии больших данных, которые предоставят необходимую информацию по образовательному процессу в кратчайшие сроки, обеспечат индивидуальной статистикой по каждому обучающемуся и преподавателю, упростят процесс формирования сетки занятий и подключения к дистанционным

занятиям, повысят уровень безопасности при формировании информационно образовательной среды и дистанционных уроках, а так же позволят формировать индивидуальные и общие библиотеки материалов для занятий. В результате использования технологий больших данных упростится задача индивидуализации образования за счет формирования статистики обучающегося. Из статистики для каждого обучающегося можно будет сформировать его индивидуальную траекторию дополнительного образования, как включающую в себя интересующие обучающегося предметы, так и позволяющую повысить уровень его подготовки.

Таким образом, цифровые технологии, применяемые в различных образовательных организациях в области управления образовательным процессом, позволяют эффективно управлять деятельностью педагогов и обучающихся, а также предоставляют дополнительные возможности в организации индивидуальной образовательной траектории.

Однако применение информационных технологий не ограничивается только организационно-управленческой сферой в образовании – их применение возможно и в содержательной области, в поиске междисциплинарных связей в содержании учебных предметов, что нами будет показано в Главе 2.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

Современные научные представления о междисциплинарности в образовании основаны на том, что современные исследовательские научные проекты осмысливают проблему, выходя за рамки одной определенной научной дисциплины.

Разработанные в зарубежной педагогической науке концепции междисциплинарности отражают проблемы унификации содержания образования, связанные с необходимостью реализации международного сотрудничества в сфере экономики, развития технологий и связанной с этими процессами подготовки специалистов.

Современные представления о междисциплинарности в образовании делятся на, собственно, междисциплинарность и межпредметность.

Межпредметность в этом случае понимается как взаимная согласованность образовательных программ, обусловленная системой наук и учебно-воспитательными целями, что позволяет создать у обучающихся целостные представления об изучаемых дисциплинах.

В условиях цифровой трансформации образования, которая понимается как существенные изменения в сфере образования, связанные с использованием цифровых технологий в образовательных целях, происходят значительные изменения в следующих направлениях:

- непосредственно в оснащении образовательной организации ИКТ устройствами;
- во внедрении новых информационных технологий в педагогические технологии;
- в создании информационной образовательной среды (ИОС) организации.
- в формировании специфической коммуникации в условиях использования информационных технологий и информатизации образования субъектов образования.

Наиболее перспективными современными информационными технологиями в образовании следует назвать нейросети, большие данные, облачные технологии, причем технология нейросетей имеет наибольшую перспективу применения в связи с возможностью работы со слабо связанными данными.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

2.1. Методологические основы кибернетического моделирования в педагогике

Современный мир меняется настолько стремительно, что одной из важных задач образования становится задача научить обучающегося реагировать на эти изменения, взаимодействуя и обрабатывая большой поток информации.

Ценность информации в современном мире признана и очевидна. Широко распространено название современного общества «информационная эпоха», ведь информационные технологии меняют весь сложившийся уклад. Соответственно, неизбежны попытки модернизировать существующий образовательный процесс в современных условиях. Одним из способов может служить расширение предметной области при условии интеграции в образовательный процесс междисциплинарных связей, что позволит образовательному процессу соответствовать современным условиям, а также обучать специалистов, необходимых для информационной эпохи. Такая интеграция может поддерживаться различными способами, в том числе с помощью использования различных информационно-коммуникационных технологий и компьютерных программ [18].

В то же время необходимо отметить, что практические решения, направленные на соединение педагогических технологий, методик работы педагога с компьютерными алгоритмами до сих пор были гораздо менее проработаны.

Стремительный рост информационных технологий позволяет реализовать инновационные идеи педагогической науки, разработанные десятилетия назад, создать синтез междисциплинарных достижений наук и применить их на практике, что позволит улучшить качество обучения.

Разработки Клода Шеннона в середине XX века стали базисом всей информационной эпохи. Изданная в конце 1930-х г.г., его статья «Символический анализ релейных и переключательных схем» легла в основу работы всех современных компьютеров. Его теория информации, основы которой были заложены в 1948 году в работе «Математическая теория связи», описывает общие принципы передачи информации как такого же базового понятия, как материя или энергия.

Согласно К. Шеннону, исследования в теории информации связаны с сокращением избыточности сообщений (кодирование источника) и передачей сообщений с минимальными искажениями по каналам связи с шумом (кодирование канала) [108].

Его последующие разработки лежат в фундаменте теории игр, теории автоматов, теории систем управления, то есть областей знаний, связанных гораздо больше с содержанием и характеристиками деятельности человека, чем с техникой.

Еще одна дисциплина, кибернетика, получившая свое развитие в середине XX века и посвященная изучению систем управления и коммуникации у животных, в организациях и механизмах [37], анализирует различные механизмы нервной деятельности и строит аналогии между процессами, происходящими в нервной системе человека, компьютера или подобных устройств на основе методов математики, компьютерных технологий, результатов исследований в нейрофизиологии, психологии и т.д. На этой основе в середине XX века зарождается кибернетическая педагогика, междисциплинарная наука, сочетающая организационно-управленческие подходы кибернетики и педагогические концепции, связанные с освоением образовательного контента.

Активный интерес отечественного образования к кибернетике и кибернетической педагогике отмечался в 1960-х и 70-х годах, однако спустя десятилетие он сменился спадом. Исследования и полученные результаты кибернетической педагогики нашли свое применение в программированном обучении, однако по объективным причинам (отсутствие компьютеров в школе,

отсутствие заинтересованности учителей вследствие неразработанности педагогических технологий по применению программированного обучения и т. д.) они не завоевали должного места в советском образовании.

Тем не менее, начиная с 1960-х годов и в отечественной педагогике проводились исследования, в области программированного обучения были опубликованы работы С. И. Архангельского, В. П. Беспалько, Т. А. Ильиной, Н. Д. Никандрова, других исследователей, анализирующие различные аспекты кибернетической педагогики [39].

В настоящее время кибернетическая педагогика понимается как педагогика, разрабатывающая вопросы управления информационными потоками в современном образовании [80].

В силу различных причин (одной из них является недостаток материально-технического обеспечения образовательных организаций электронно-вычислительной техникой), кибернетическая педагогика не получила глубокого развития в отечественной педагогике, однако за рубежом ее положения в разных странах прорабатывались с учетом полученного опыта.

Так, ее теоретические аспекты получили наибольшее развитие в ФРГ. В этой стране традиционно глубоко разрабатывалась дидактическая проблематика, и несмотря на то, что кибернетическая педагогика прежде всего занимается организационно-управленческими вопросами образования, она применяется и для описания и анализа педагогических явлений [30].

Кибернетическая педагогика является одной из тех областей знаний, где теория информации стала методологической основой. Проблема управления усвоением знаний также является предметом рассмотрения кибернетической педагогики. В этом отношении она применяет специфический инструментарий для описания этого процесса, а также его анализа и оптимизации усвоения знаний; порядка следования изучаемых тем; необходимого и достаточного количества повторений. С ее помощью можно определять достаточный для усвоения объем учебного материала и порядок его предъявления [30].

С технической точки зрения любая информация может быть передана и передается через любые цифровые устройства некоторым количеством комбинаций положений тумблера. В качестве визуальной иллюстрации процесса выступает телеграф или азбука Морзе. В этой картине мира понятие сложности материала переводится в количество бит информации, которое необходимо затратить для его передачи.

Безусловно, речь не идет о переводе слов в код. Сложность материала скорее является обратной функцией вероятности. Чем выше вероятность события, тем оно проще и в нем меньше информации. Застывшие лужи при отрицательной температуре очевидны, не несут дополнительной информации и не требуют отдельного изучения, так как являются очевидным следствием физических процессов. Для знающих английский язык появление в незнакомом слове после буквы q буквы u примерно так же очевидно.

С этой точки зрения обучение рассматривается как процесс получения информации. У каждого человека в зависимости от уровня интеллекта и возраста своя скорость обработки информации, однако очевидно, что чем больше информации человек получает, тем сложнее ее изучить и тем больше времени требуется на обучение.

Еще одна область, в которой проводились исследования в рамках кибернетической педагогики, – это исследования памяти человека с точки зрения ее информационной природы и информационных параметров. Они напрямую связаны с одним из способов оптимизации процесса обучения – оптимизация количества информации, которую необходимо усвоить обучающемуся из учебных текстов.

В связи с необходимостью анализа большого количества информации исследования кибернетической педагогики могут наиболее эффективно проводиться с использованием технологий обработки больших данных. В настоящее время имеется достаточно вычислительных возможностей электронных вычислительных устройств, источников данных, однако прикладной аспект кибернетической педагогики не учитывает все необходимые факторы:

исследователи, критикующие кибернетическую педагогику, указывают на то, что она «... мало соответствует собственно человеческому измерению педагогики как гуманитарной науки» [30].

Действительно, для того чтобы полученные данные могли быть верно обработаны с помощью современных информационных технологий обработки больших данных, необходимо верно сформулировать критерии анализа, чтобы затем правильно интерпретировать результат. Ведь и корректные, и некорректные вводные данные будут одинаково проработаны, и алгоритм выдаст готовое решение – таков принцип обработки больших данных. В компьютерной среде существует правило «мусор на входе – мусор на выходе». В такой ситуации необходимо принимать во внимание именно тот факт, что педагогика, прежде всего, имеет дело с человеком, его развитием, поэтому задание для алгоритмов анализа, например нейросети, нужно составлять в таком контексте. Это также необходимо учитывать в совершенствовании инструментария кибернетической педагогики, актуализировать его применительно к педагогической сфере.

С появлением компьютеров появилась возможность обрабатывать информацию для подтверждения или опровержения гипотез кибернетической педагогики, для создания моделей – усвоения информации, ее закрепления при повторениях, подачи учебных материалов в определенной последовательности.

Возможность создания таких моделей подтверждается тем, что мышление человека связано с обработкой информации – такой же процесс может быть реализован и компьютером. При моделировании для исследования объекта создается некоторая система, которая объективно соответствует по определенным характеристикам этому объекту, замещает собой объект и при исследовании дает информацию о нем [38].

Вклад кибернетической педагогики в теорию педагогики заключается в том, что для описания процесса мышления (усвоения знаний, обработки информации) обучающегося используются не только данные физиологии, психологии и других наук, связанных с педагогикой, но и точно формулируемые математические закономерности. Эта абстракция позволяет выстроить вероятностную модель, не

способную описать поведение конкретного обучающегося, но пригодную к описанию наиболее распространенного поведения членов группы, при этом чем больше группа, тем точнее прогноз.

Проанализировав эти разработки в условиях современного развития науки и техники, мы предлагаем их использовать в качестве методологических оснований, а в качестве метода адаптировать широко используемые в экономике сетевые графики.

При этом перед составлением сетевых графиков нам необходимо воспользоваться построением модели организации образовательного процесса при помощи кибернетического моделирования.

Кибернетическое моделирование – это возможность выражения основных особенностей систем в терминах теории информации и управления. Это сделало доступным их математический анализ. Использование кибернетической теории связи и управления для построения моделей в соответствующих областях основывается на максимальной общности ее законов и принципов: для объектов живой природы, социальных систем и технических систем. С кибернетическим моделированием связываются возможные направления роста процессов теоретизации различных наук, повышение уровня теоретических исследований. Характеризуя процесс кибернетического моделирования, обращают внимание на следующие обстоятельства. Модель, будучи аналогом исследуемого явления, никогда не может достигнуть степени сложности последнего. При построении модели прибегают к известным упрощениям, цель которых – стремление отобразить не весь объект, а с максимальной полнотой охарактеризовать некоторый его «срез». Задача заключается в том, чтобы путем введения ряда упрощающих допущений выделить важные для исследования свойства. Создавая кибернетические модели, выделяют информационно-управленческие свойства. Все иные стороны этого объекта остаются вне рассмотрения. На чрезвычайную важность поисков путей исследования сложных систем методом наложения определенных упрощающих предположений указывает Р. Эшби. «В прошлом, – отмечает он, наблюдалось некоторое пренебрежение к упрощениям <...> Однако

мы, занимающиеся исследованием сложных систем, не можем себе позволить такого пренебрежения. Исследователи сложных систем должны заниматься упрощенными формами, ибо всеобъемлющие исследования бывают зачастую совершенно невозможны» [28].

2.2. Моделирование взаимодействия дидактических единиц содержания рабочих программ (на примере учебных предметов физики, алгебры, геометрии)

Для современного образования повышение его качества является первоочередной задачей, а наиболее эффективное использование информационно-коммуникационные технологии позволяет это сделать достаточно эффективно.

Рассматривая процесс обучения с позиций информационно-кибернетического моделирования, мы применили кибернетическую модель для поиска неочевидных зависимостей среди междисциплинарных связей в образовательном процессе, которые в результате анализа и оптимизации повысят качество образования.

Как было показано выше, кибернетическое моделирование – это возможность выражения основных особенностей систем в терминах теории информации и управления для дальнейшего математического анализа.

Для успешного построения кибернетической модели необходимо собрать и подготовить информацию, которая послужит основой данных для исследуемой модели.

Кибернетическая модель формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования основана на методе сетевых графиков [22, 41]. Данные для этого метода относятся к категориям «работа», «событие» и «путь». Каждая из этих трех категорий может включать в себя любую информацию, однако для успешной работы метода необходимо правильно интерпретировать информацию, содержащуюся в образовательном процессе.

Образовательный процесс — это совокупность учебно-воспитательного и самообразовательного процессов, направленная на решение задач образования, воспитания и развития личности в соответствии с государственным образовательным стандартом [29]. Образовательный процесс включает в себя множество различных аспектов развития, воспитания и обучения, однако для модели, которую мы используем в нашем исследовании, охватить все эти аспекты не представляется возможным, поэтому из всего образовательного процесса нами будет рассмотрен только обучающий компонент. Для этого нами рассмотрено содержание образования на уровне основного общего образования, в частности группы дидактических единиц, которые отражают суть изучаемых учебных дисциплин и которые являются наиболее подходящими для моделирования. В свою очередь, группы дидактических единиц формируются из дидактических единиц, которые представляют собой логически самостоятельную часть учебного материала, по своему объему и структуре соответствующая таким компонентам содержания, как понятие, теория, закон, явление, факт, объект и тому подобное (то есть, используя терминологию теории автоматического управления, состоят из одного или нескольких фреймов, где фрейм — это минимальное описание явления, факта, объекта, при удалении из которого какой-либо составной части данное явление, факт или объект перестают опознаваться (классифицироваться), то есть описание теряет смысл. Набор связанных по смыслу и логике фреймов составляет дидактическую единицу [71]). Для успешного моделирования необходимо правильно выбрать масштаб или глубину информативности данных, которые будут использованы, поэтому для моделирования избыточной будет информация, основанная на отдельных дидактических единицах. Если учесть, что детализация информации для модели достаточна, но продолжить ее уточнять, то сложность подготовки модели возрастет геометрически с каждым шагом уточнения и детализации, однако подобная детализация позволит модели быть более точной, а также результатом такого детального моделирования может стать открытие новых закономерностей, которые необходимо будет проверить на практике. Для моделирования с целью выявления междисциплинарных связей достаточно

использовать дидактические единицы, так как искомые междисциплинарные связи просты для понимания из-за схожести выбранных для моделирования учебных предметов и являются наиболее очевидными.

Следующим шагом при работе с моделированием является этап обработки информации. Для моделирования был выбран метод сетевых графиков, который представляет собой динамическую модель производственного процесса, отражающую технологическую зависимость и последовательность выполнения комплекса работ, связывающий их свершение во времени с учетом затрат ресурсов и стоимости работ с выделением при этом перегруженных мест [22].

Метод сетевых графиков предполагает иерархическое упорядочивание порядка выполнения работ. Эта иерархия выстраивается на основе порядка возможности выполнения работ. Если работа не может быть выполнена, пока не проведена какая-либо предшествующая работа, то ей присваивается ранг на единицу выше предшествующей. Таким образом, организуется иерархия работ, где минимальное значение присваивается начальным работам, а максимальный – конечным. Если работы могут выполняться параллельно, им присваивается одинаковый ранг. Иерархичность, помимо очередности выполнения работ, способствует обнаружению перегруженных участков в процессе. При этом для обучающего компонента образовательного процесса такие участки не являются перегруженными, а напротив, представляют возможность внести изменения в порядок подачи материала с целью установления междисциплинарных связей в условиях общего образования.

Иерархичность проведения работ в обучающем компоненте образовательного процесса выстраивается на анализе дидактических единиц той дисциплины, которую предполагается моделировать. Представление ценности дидактической единицы для иерархического распределения определяется фреймами, которые входят в дидактические единицы.

На этом этапе анализа информации для успешного моделирования происходит еще одно детализирование информации с целью уточнения характеристик дидактических единиц, которые будут использованы на

следующем этапе построения сетевого графика. Результатом детализации дидактических единиц является формирование точек связей между дидактическими единицами за счет определения фреймов, которые определяют порядок усвоения дидактических единиц. Результатом такой работы становится подготовленная информация для формирования иерархической таблицы внутри одной дисциплины, которая включает в себя информацию о фреймах дидактических единиц и информацию о параллельных дидактических единицах.

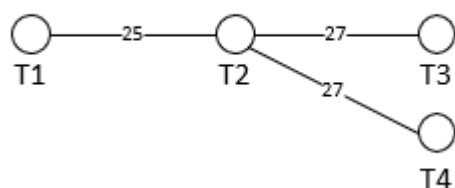


Рисунок 1. Пример части сетевого графика, в котором Т – название темы, цифры на линиях, соединяющие темы, — это количество часов, затрачиваемое на изучение темы, от которой исходит линия (находящейся слева).

Для формирования иерархической таблицы необходимо сопоставить взаимосвязи фреймов дидактических единиц, итогом чего станет иерархия дидактических единиц (Таблица 1).

Таблица 1. Пример иерархической таблицы

Тема	Предшествующая тема
Тема 1	
Тема 2	Тема 1
Тема 3	Тема 1
Тема 4	Тема 3

Чтобы выполнить вышеописанные манипуляции, необходимо проанализировать требования ФГОС [48] и учебники, входящие в федеральный перечень учебных материалов [49].

Следующим шагом подготовки информации для работы с методом сетевых графиков становится *вычисление трудозатрат*, выражаемых в числовом виде.

Такая информация понадобится для метода сетевого графика для оптимизации в процессе работы с моделью, а с точки зрения педагогики в нашем исследовании эта информация послужит для формирования дополнительной таблицы трудозатрат при изучении дисциплин. Чтобы вычислить трудозатраты, необходимо выполнить поэтапный анализ, который частично совпадает с тем анализом, который был проведен для определения иерархий. Анализ состоит из этапов: 1) анализ требований ФГОС к содержанию школьной программы, 2) анализ учебников, представленных в федеральном перечне учебников, и 3) анализ федеральных основных образовательных программ по учебным дисциплинам. При выполнении анализа необходимо следовать порядку от общего к частному, чтобы не выполнять работу больше необходимого. Так как в данной цепочке анализа самым общим является ФГОС, то при его анализе необходимо уточнить следующий пункт: анализ федерального перечня учебников. После уточнения третьего пункта анализа достаточным будет выбрать несколько рабочих программ и сформировать примерное представление о трудозатратах для освоения материала средней образовательной программы по предметам физика, алгебра и геометрия.

Согласно ФГОС основного общего образования, одной из преследуемых целей образования является формирование у обучающихся творческого и критического мышления, целенаправленности в познании окружающего мира. Одним из возможных способов достижения этой цели, а именно креативности при решении задач, является использования междисциплинарных связей при изучении образовательной программы. ФГОС устанавливает требования к результатам обучения, и одним из важных для нашего исследования является межпредметность, которая также связана с исследованием. В пункте 9.5 стандарта установлены требования к пониманию основных представлений в алгебре и геометрии, которые также основаны на принципах межпредметности и имеют явную взаимосвязь с физикой. В пункте 9.6 предметная область «естественные науки», которая включает в себя физику, так же, как и ранее, но не так явно имеются отсылки к алгебре и геометрии, а также косвенно затрагиваются и

другие предметы.

В разделе 45.5.1 содержится информация по учебным предметам «Алгебра» и «Геометрия», которая отражает список умений, необходимых для усвоения обучающимся на протяжении всего курса. В первом пункте списка, где указаны требования к умению оперировать математическими понятиями «множества», «графы», «циклы» и «древа», также входит требование о применении этих навыков в задачах, связанных с другими учебными предметами, и задачах из реальной жизни, что однозначно представляет развитие междисциплинарных навыков у обучающихся. В пункте семь того же списка, где предъявляются требования к умениям оперирования понятиями «прогрессии», «последовательности» и «работа с формулами суммы и общего члена», указано требование к возможности применения этих навыков в областях других предметов и реальной жизни. В пункте десять того же списка упомянуто применение геометрических понятий «равенство фигур», «треугольник», «параллельность и перпендикулярность прямых», «угол между прямыми», «перпендикулярность», «наклонная», «проекция», «подобие фигур», «подобный треугольник», «симметрия относительно точки и прямой», которые также необходимо использовать в реальных задачах повседневности. В пункте тринадцать того же списка также ставится задача применять умение оперировать понятиями из геометрии, такими как: «прямоугольная система координат»; «координаты точки», «вектор», «сумма векторов», «произведение вектора на число», «скалярное произведение векторов», в реальной жизни и других предметах. В четырнадцатом пункте есть требование к применению умений распознавать изменчивые величины в окружающем мире, в пункте пятнадцать - использовать умение решать задачи методом организованного перебора и с использованием правила умножения; умение оценивать вероятности реальных событий и явлений, понимать роль практически достоверных и маловероятных событий в окружающем мире и в жизни; знакомство с понятием независимых событий; знакомство с законом больших чисел и его ролью в массовых явлениях; пункт шестнадцать полностью посвящен междисциплинарным навыкам, а именно: применять умение выбирать подходящий изученный метод для решения

задачи, приводить примеры математических закономерностей в природе и жизни, распознавать проявление законов математики в искусстве, описывать отдельные выдающиеся результаты, полученные в ходе развития математики как науки, приводить примеры математических открытий и их авторов в отечественной и всемирной истории. Это были примеры, явно относящиеся к развитию междисциплинарных навыков у обучающимся, что и позволило нам использовать эти утверждения в качестве основы для построения кибернетической модели установления междисциплинарных связей в содержании образования. Однако и в других пунктах находятся косвенные требования к развитию междисциплинарных навыков, которые на данном этапе нет необходимости рассматривать.

Анализ ФГОС не позволил дать четкие критерии для формирования иерархических трудозатрат в рамках нашего моделирования, однако уточнил источники дальнейшего анализа – рабочие программы по математике и физике.

Следующим шагом по подготовке информации становится рассмотрение рабочих программ для построения *иерархических связей*. Анализ проводился для двух программ, а именно по математике и по физике.

Рабочие программы по математике, включающие разделы по алгебре и геометрии, составлены для 5-9 классов, в то время как программа по физике - для 7-9 классов, так как изучение этого предмета начинается с 7 класса. Поэтому в нашем исследовании при моделировании мы рассматриваем программы 7-9 классов, однако учитываем тот факт, что материал по алгебре и геометрии оказывает влияние на изучение этих предметов в более старших классах. Тем не менее, при построении сетевого графика мы пренебрежем информацией, относящейся к 5-6 классам, однако если во время моделирования обнаруживается недостаток данных, то необходимо будет учесть программы для 5-6 классов.

При анализе программы для 7 класса по алгебре было выявлено предполагаемое время трудозатрат для прохождения образовательной программы. В этом случае оно составило 102 часа на усвоение учебного курса. Разделы, входящие в программу курса для 7 класса, также имеют рекомендуемое время освоения материала. В программу 7 класса входят темы: «Числа и вычисления»,

«Рациональные числа» - 25 часов; «Алгебраические выражения» - 27 часов; «Уравнения и неравенства» - 20 часов; «Координаты и графики, функции» - 24 часа; «Повторение и обобщение» - 6 часов. В программе для 7 класса по математике в теме «Числа и вычисления» в разделе «Основное содержание» указаны те фреймы, которые будут изучены обучающимся и которые являются основой для составления иерархии в первом этапе подготовке к моделированию [51].

В программе для 8 класса заложено 102 часа и входят темы; «Числа и вычисления, квадратные корни» - 15 часов; «Числа и вычисления, степень с целым показателем» - 7 часов; «Алгебраические выражения, квадратный трехчлен» - 5 часов; «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь» - 15 часов; «Уравнения и неравенства, квадратные уравнения» - 15 часов; «Уравнения и неравенства, системы уравнений» - 13 часов; «Уравнения и неравенства, неравенства» - 12 часов; «Функции, основные понятия» - 5 часов; «Функции, числовые функции» - 9 часов; «повторение и обобщение» - 6 часов [51].

Для 9 класса заложено не менее 102 часов и входят темы; «Числа и вычисления, действительные числа» - 9 часов; «Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной» - 14 часов; «Уравнения и неравенства, системы уравнений» - 14 часов; «Уравнения и неравенства, неравенства» - 16 часов; «Функции» - 16 часов; «Числовые последовательности» - 15 часов; «Повторение, обобщение, систематизация знаний» - 18 часов. Для темы 9 класса повторения включен материал из программ с 5-9 классы [51].

Анализ программы по геометрии для 7 класса показал, что для освоения программы рекомендуемое общее время составило 68 часов, распределение на темы составило; «Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин» - 14 часов; «Треугольники» - 22 часов; «Параллельные прямые, сумма углов треугольника» - 14 часов; «Окружность и круг, геометрические построения» - 14 часов; «Повторение, обобщение знаний» - 4 часа [51].

Для 8 класса общее рекомендуемое время составило не менее 68 часов и распределение на темы составило; «Четырехугольники» - 12 часов; «Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники» - 15 часов; «Площадь, нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур» - 14 часов; «Теорема Пифагора и начала тригонометрии» - 10 часов; «Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей» - 13 часов; «Повторение, обобщение знаний» - 4 часа [51].

Для 9 класса рекомендуемое время для прохождения курса составило 68 часов и распределение времени по темам составило; «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» - 16 часов; «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности» - 10 часов; «Векторы» - 12 часов; «Декартовы координаты на плоскости» - 9 часов; «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей» - 8 часов; «Движения плоскости» - 6 часов; «Повторение, обобщение, систематизация знаний» - 7 часов. Для темы 9 класса повторения включен материал из программ с 5-9 классы [51].

Рабочая программа по физике отличается от программы по математике за счет измененной структуры тематического планирования, которое объединяет темы в разделы. В этом случае в нашем исследовании при анализе программ по физике будут использованы разделы, а темы будут использованы как дополнительный материал для построения иерархических связей.

Анализ программы по физике для 7 класса показал, что рекомендуемое время освоения разделов составляет 68 часов. Затраты времени на изучение разделов; «Раздел 1, физика и ее роль в познании окружающего мира» - 6 часов; «Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества» - 5 часов; «Раздел 3, движение и взаимодействие тел» - 21 час; «Раздел 4, давление твердых тел, жидкостей и газов» - 21 час; «Раздел 5, работа и мощность, энергия» - 12 часов; резервное время - 3 часа. Резервное время может быть использовано для

повторения пройденного материала, что и будет принято в расчет при построении модели [52].

Для 8 класса анализ программы показал, что нумерация разделов продолжилась и общее рекомендуемое время составило 68 часов для усвоения материала, где время на разделы «Раздел 6, тепловые явления» - 28 часов; «Раздел 7, электрические и магнитные явления» - 37 часов; резервное время - 3 часа [52].

Для 9 класса время прохождения программы составило 102 часа и распределение по разделам; «Раздел 8, Механические явления» - 40 часов; «Раздел 9, Механические колебания и волны» - 15 часов; «Раздел 10, Электромагнитное поле и электромагнитные волны» - 6 часов; «Раздел 11, Световые явления» - 15 часов; «Раздел 12, Квантовые явления» - 17 часов; «Повторительно-обобщающий модуль» - 9 часов [52].

Во всех программах, кроме количества часов, отводимых на изучение темы (раздела), указана информация об основном содержании и основных видах деятельности, которые необходимо учитывать при составлении иерархических связей.

Чтобы правильно выстроить иерархические связи, необходимо соотнести информацию из рабочих программ. Информация в столбцах «Основное содержание» и «Основные виды деятельности обучающихся» имеет дополняющее друг друга содержание, которое представляет собой интерпретированные данные из рабочих программ, а также уточнят связи между темами.

Для темы «Числа и вычисления, рациональные числа» в столбце основного содержания указаны фреймы, входящие в эту тему, а именно понятие рационального числа, арифметические действия с рациональными числами, сравнение, упорядочивание рациональных чисел, степень с натуральным показателем, решение основных задач на дроби, проценты из реальной практики, признаки делимости, разложения на множители натуральных чисел, реальные зависимости. прямая и обратная пропорциональности [52].

Эти фреймы формируют тему, а также являются указателями связи с другими темами, так как без их освоения нельзя будет продолжить обучение,

соответствующее образовательным стандартам, поэтому на их основе возможно создавать иерархические связи. Основные виды деятельности обучающихся также, как и фреймы, выполняют важную функцию для формирования иерархических связей за счет описания приобретаемых навыков и умений во время прохождения темы, которые при моделировании также обеспечат возможность согласования тем.

Для анализа также были выбраны учебные пособия из федерального перечня, установленного согласно приказу Минпросвещения России от 21 сентября 2022 г. № 858 [49].

По алгебре: Бунимович Е. А., Кузнецова Л. В., Минаева С. С. и другие, Алгебра, Акционерное общество «Издательство «Просвещение»; Дорофеев Г. В., Суворова С. Б., Бунимович Е. А. и другие, Алгебра, Акционерное общество «Издательство «Просвещение»; Колягин Ю.М., Ткачева М.В., Федорова Н.Е. и другие, Алгебра, Акционерное общество «Издательство «Просвещение»; Макарычев Ю. Н., Миндюк Н. Г., Нешков К. И. и другие; под редакцией Теляковского С. А., Алгебра, Акционерное общество «Издательство «Просвещение»; Мерзляк А. Г., Полонский В. Б., Якир М. С.; под редакцией Подольского В. Е., Алгебра, Общество с ограниченной ответственностью «Издательский центр ВЕНТАНА-ГРАФ»; Акционерное общество «Издательство Просвещение».

По физике: Перышкин А. В., Физика, Общество с ограниченной ответственностью "Издательство Экзамен"; Пурышева Н. С., Важеевская Н. Е., Чаругин В. М., Физика, ООО «ДРОФА»; АО «Издательство Просвещение»; Кабардин О. Ф., Физика, Акционерное общество «Издательство «Просвещение»; Белага В. В., Ломаченков И. А., Панебратцев Ю. А., Физика, Акционерное общество «Издательство «Просвещение»; Громов С. В., Родина Н. А., Белага В. В. и другие; под редакцией Панебратцева Ю. А., Физика, Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

По геометрии: Шарыгин И. Ф., Геометрия, ООО «ДРОФА»; АО «Издательство Просвещение»; Смирнова И. М., Смирнов В. А., Геометрия,

Общество с ограниченной ответственностью «ИОЦ Мнемозина»; Погорелов А. В. Геометрия, Акционерное общество «Издательство «Просвещение»; Козлова С. А., Рубин А. Г., Гусев В. А., Геометрия, Общество с ограниченной ответственностью «БАЛАСС»; Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и другие, Геометрия, Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

Указанные учебные пособия распределяют темы внутри курсов по схожему принципу, предложенному в нашем исследовании, однако при выборе оптимального пути построения тем в дисциплинарном курсе авторы дополняют каждую последующую тему материалами из предыдущих, что решает проблему временного разрыва, но лишь частично. Также такое разнообразие одобренных учебных пособий создает возможность педагогу выбирать пособие, соответствующее условиям образовательной организации и способностям группы обучающихся. Однако для реализации междисциплинарных связей такое количество учебных пособий представляет определенную сложность, так как при комбинировании различных учебных пособий в разных дисциплинах можно получить существенно различающиеся комбинации тем, которые могут как сформировать большое количество междисциплинарных связей, так и исключить их появление.

Данные из рабочих программ отражают приближенное к реальности положение дел и обозначают требования, которые необходимо выполнить в каждой образовательной организации, и для нашего исследования информация о содержании образования по алгебре, геометрии и физики из рабочих программ станут основой для моделирования. Этих данных будет достаточно для формирования иерархии и временных затрат, которые будут использованы в сетевых графиках.

Для построения модели необходимо построить таблицу на основе вышеописанных принципов, которые относятся к сетевым графикам. Первый шаг в построении таблицы будет запись всех тем трех дисциплин. Первый столбец таблицы представляет собой последовательность тем из рабочих программ по

трем учебным предметам: алгебре, геометрии и физике, которые идут в той же последовательности, как и в рабочей программе (Таблица 2).

Таблица 2. Заполненный первый столбец по темам трех дисциплин в таблице сетевого графика

Тема
АЛГЕБРА
Числа и вычисления, рациональные числа
Алгебраические выражения
Уравнения и неравенства
Координаты и графики, функции
Повторение и обобщение
Числа и вычисления, квадратные корни
Числа и вычисления, степень с целым показателем
Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен
Алгебраические выражения, алгебраическая дробь
Уравнения и неравенства, квадратные уравнения
Уравнения и неравенства, системы уравнений
Уравнения и неравенства, неравенства
Функции, основные понятия
Функции, числовые функции
Повторение и обобщение
Числа и вычисления, действительные числа
Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной
Уравнения и неравенства, системы уравнений
Уравнения и неравенства, неравенства
Функции
Числовые последовательности
Повторение, обобщение, систематизация знаний
ГЕОМЕТРИЯ
Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин
Треугольники
Параллельные прямые, сумма углов треугольника
Окружность и круг, геометрические построения
Повторение, обобщение знаний

Четырёхугольники
Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники
Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур
Теорема Пифагора и начала тригонометрии
Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей
Повторение, обобщение знаний
Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников
Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности
Векторы
Декартовы координаты на плоскости
Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей
Движения плоскости
Повторение, обобщение, систематизация знаний
ФИЗИКА
Раздел 1, Физика и её роль в познании окружающего мира
Раздел 2, Первоначальные сведения о строении вещества
Раздел 3, Движение и взаимодействие тел
Раздел 4, Давление твёрдых тел, жидкостей и газов
Раздел 5, Работа и мощность, энергия
Резервное время
Раздел 6, Тепловые явления
Раздел 7, Электрические и магнитные явления
Резервное время
Раздел 8, Механические явления
Раздел 9, Механические колебания и волны
Раздел 10, Электромагнитное поле и электромагнитные волны
Раздел 11, Световые явления
Раздел 12, Квантовые явления
Повторительно-обобщающий модуль

Второй столбец таблицы — это темы, которые связаны с темами из первого столбца предметными связями, то есть на данном этапе строки таблицы отражают

ближайшие предметные связи. Поскольку набор тем соответствует программам сразу трех классов, то предметные связи не будут совпадать с теми что реализованы в рабочих программах, так как в рабочих программах предметные связи закреплены за классами и имеют заранее рассчитанную нагрузку. Для формирования новых предметных связей необходимо руководствоваться только основным содержанием из рабочих программ и рассматривать каждую тему обособленно от остальных, только при таком подходе возможно сформировать новые предметные связи.

Результаты такого формирования предметных связей будут записаны во второй столбец таблицы (Таблица 3).

Таблица 3. Заполненный первый и второй столбец по трем дисциплинам в таблице сетевого графика

Тема	Предшествующая тема
АЛГЕБРА	
Числа и вычисления, рациональные числа	
Алгебраические выражения	Числа и вычисления, рациональные числа
Уравнения и неравенства	Алгебраические выражения
Координаты и графики, функции	Алгебраические выражения
Повторение и обобщение	Все за 7 класс
Числа и вычисления, квадратные корни	Координаты и графики, функции
Числа и вычисления, степень с целым показателем	Числа и вычисления, квадратные корни
Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен	Числа и вычисления, степень с целым показателем
Алгебраические выражения, алгебраическая дробь	Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен
Уравнения и неравенства, квадратные уравнения	Алгебраические выражения, алгебраическая дробь
Уравнения и неравенства, системы уравнений	Уравнения и неравенства, квадратные уравнения
Уравнения и неравенства, неравенства	Уравнения и неравенства, системы уравнений
Функции, основные понятия	Координаты и графики, функции
Функции, числовые функции	Функции, основные понятия
Повторение и обобщение	Все за 8 класс
Числа и вычисления, действительные числа	Числа и вычисления, квадратные корни

Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной	Уравнения и неравенства, системы уравнений
Уравнения и неравенства, системы уравнений	Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной
Уравнения и неравенства, неравенства	Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен
Функции	Числа и вычисления, степень с целым показателем
Числовые последовательности	Числа и вычисления, действительные числа
Повторение, обобщение, систематизация знаний	Все за 7-9 класс
ГЕОМЕТРИЯ	
Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин	
Треугольники	Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин
Параллельные прямые, сумма углов треугольника	Треугольники
Окружность и круг, геометрические построения	Параллельные прямые, сумма углов треугольника
Повторение, обобщение знаний	Все за 7 класс
Четырёхугольники	Параллельные прямые, сумма углов треугольника
Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники	Параллельные прямые, сумма углов треугольника
Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур	Четырёхугольники
Теорема Пифагора и начала тригонометрии	Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур
Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей	Теорема Пифагора и начала тригонометрии
Повторение, обобщение знаний	Все за 8 класс
Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников	Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей
Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности	Окружность и круг, геометрические построения
Векторы	Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности
Декартовы координаты на плоскости	Векторы

Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей	Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности
Движения плоскости	Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей
Повторение, обобщение, систематизация знаний	Все за 7-9 класс
ФИЗИКА	
Раздел 1, Физика и её роль в познании окружающего мира	
Раздел 2, Первоначальные сведения о строении вещества	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира
Раздел 3, Движение и взаимодействие тел	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира
Раздел 4, Давление твёрдых тел, жидкостей и газов	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества
Раздел 5, Работа и мощность, энергия	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира
Резервное время	Все за 7 класс
Раздел 6, Тепловые явления	Раздел 5, работа и мощность, энергия
Раздел 7, Электрические и магнитные явления	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества
Резервное время	Все за 8 класс
Раздел 8, Механические явления	Раздел 5, работа и мощность, энергия
Раздел 9, Механические колебания и волны	Раздел 8, Механические явления
Раздел 10, Электромагнитное поле и электромагнитные волны	Раздел 7, электрические и магнитные явления
Раздел 11, Световые явления	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества
Раздел 12, Квантовые явления	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества
Повторительно-обобщающий модуль	Все за 7-9 класс

Рассмотрим конкретные примеры заполнения второго столбца таблицы. Первая тема алгебры, которая записана в первый столбец таблицы и называется «Числа и вычисления. Рациональные числа», относится к 7 классу и включает в основное содержание такие дидактические единицы как: «Понятие рационального числа. Арифметические действия с рациональными числами» «Сравнение, упорядочивание рациональных чисел» «Степень с натуральным показателем»

«Решение основных задач на дроби, проценты из реальной практики.» «Признаки делимости, разложения на множители натуральных чисел.» и «Реальные зависимости. Прямая и обратная пропорциональности». Для того что бы установить предметные связи в условиях работы с таблицей нашего моделирования, необходимо провести проверку на соответствие предметных связей со следующей темой, идущей в рабочих программах. Поскольку в рамках нашего исследования рассматриваемые дисциплины затрагивают только 7, 8 и 9 классы, то скорее всего предметные связи для 7 класса сохранят свой изначальный вид, и предметные связи 7 класса будет повторять структуру из рабочей программе по алгебре. И поскольку первая темы в таблице и рабочей программе по алгебре не имеет предшественников в рамках нашего исследования, то она станет отправной точкой сетевого графика для алгебры (Таблица 4) [51].

Таблица 4. Пример заполнения второго столбца таблицы сетевого графика

Тема	Предшествующая тема
Числа и вычисления, рациональные числа	
Алгебраические выражения	Числа и вычисления, рациональные числа

Следующая тема 7 класса рабочей программы по алгебре, «Алгебраические выражения», включает в основное содержание следующие дидактические единицы: «Буквенные выражения», «Переменные». «Допустимые значения переменных», «Формулы», «Преобразование буквенных выражений, раскрытие скобок и приведение подобных слагаемых», «Свойства степени с натуральным показателем», «Овладеть алгебраической терминологией и символикой, применять её в процессе освоения учебного материала», «Находить значения буквенных выражений при заданных значениях букв; выполнять вычисления по формулам», «Выполнять преобразования целого выражения в многочлен приведением подобных слагаемых, раскрытием скобок», «Многочлены», «Сложение, вычитание, умножение многочленов», «Формулы сокращённого умножения», «Разложение многочленов на множители». Теперь необходимо сравнить основное содержание двух тем по алгебре и удостовериться, что среди

основного содержание предыдущих тем нет предметных связей эффективнее, но так как это первая и вторая тема нашей таблицы и рабочей программы, то можно во втором столбце напротив второй темы вписывать первую (Таблица 5) [51].

Таблица 5. Пример заполнения второго столбца таблицы сетевого графика

Тема	Предшествующая тема
Числа и вычисления, рациональные числа	
Алгебраические выражения	Числа и вычисления, рациональные числа
Уравнения и неравенства	алгебраические выражения
Координаты и графики, функции	алгебраические выражения

Следующий пример приведен сразу на двух темах, а именно тема «Уравнения и неравенства» и тема «Координаты и графики. Функции». Основное содержание темы «Уравнения и неравенства» представляет собой: «Уравнение, правила преобразования уравнения, равносильность уравнений», «Линейное уравнение с одной переменной, решение линейных уравнений», «Решение задач с помощью уравнений», «Линейное уравнение с двумя переменными и его график», «Система двух линейных уравнений с двумя переменными», «Решение систем уравнений способом подстановки и способом сложения» и основное содержание темы «Координаты и графики. Функции» представляет собой: «Координата точки на прямой», «Числовые промежутки», «Расстояние между двумя точками координатной прямой», «Прямоугольная система координат на плоскости», «Примеры графиков, заданных формулами», «Чтение графиков реальных зависимостей», «Понятие функции», «График функции», «Свойства функций», «Линейная функция», «Построение графика линейной функции», «График функции $y = x$ ». В данном случае эти две темы, согласно входящим в основное содержание дидактическим единицам, могут следовать сразу после темы «Алгебраические выражения», и поэтому в таблицу в строках этих тем во втором столбце будет записана тема «Алгебраические выражения» (Таблица 6) [51].

Таблица 6. Дидактические единицы для таблицы тем «Уравнения и неравенства» и «Координаты и графики. Функции»

Название темы	Дидактические единицы
Уравнения и неравенства	Уравнение, правила преобразования уравнения, равносильность уравнений. Линейное уравнение с одной переменной, решение линейных уравнений. Решение задач с помощью уравнений. Линейное уравнение с двумя переменными и его график. Система двух линейных уравнений с двумя переменными. Решение систем уравнений способом подстановки и способом сложения
Координаты и графики. Функции	Координата точки на прямой. Числовые промежутки. Расстояние между двумя точками координатной прямой. Прямоугольная система координат на плоскости. Примеры графиков, заданных формулами. Чтение графиков реальных зависимостей. Понятие функции. График функции. Свойства функций. Линейная функция. Построение графика линейной функции. График функции $y = x $

Так как в нашем исследовании нет деления на классы в дисциплинах, то следующие рассматриваемые темы могут иметь предметные связи с темами из 7 класса. Поэтому тема «Числа и вычисления. Квадратные корни» и тема «Функции, основные понятия» из программы 8 класса имеют предметную связь с темой 7 класса «Координаты и графики. Функции». Подробно расписывать все дидактические единицы, входящие в основное содержание двух тем 8 класса и тему 7 класса, в данном случае нет необходимости, однако необходимо выделить те дидактические единицы, которые имеют выраженные предметные связи, на основании которых и была произведена запись в таблицу. Для темы 7 класса «Координаты и графики. Функции» связующими можно выделить следующие дидактические единицы: «Числовые промежутки», «Понятие функции», «График функции», «Свойства функций», «Линейная функция», «Построение графика линейной функции», «График функции $y = x$ ». Для темы «Числа и вычисления. Квадратные корни» дидактические единицы, которые будут отражать предметную связь, являются: «Десятичные приближения иррациональных чисел», «Действительные числа», «Арифметический квадратный корень», а для темы «Функции, основные понятия» - «Понятие функции», «Способы задания функций», «График функции», «Свойства функции, их отображение на графике».

Все вышеперечисленные дидактические единицы связаны друг с другом предметной связью в рамках дисциплины алгебры, несмотря на их расположение в программах, рассчитанных на разные классы (Таблица 7) [51].

Таблица 7. Дидактические единицы для таблицы тем «Числа и вычисления. Квадратные корни» и «Функции, основные понятия»

Название темы	Дидактические единицы
Числа и вычисления. Квадратные корни	Понятие функции. Область определения и множество значений функции. Способы задания функций. График функции. Свойства функции, их отображение на графике
Функции, основные понятия	Квадратный корень из числа. Понятие об иррациональном числе. Десятичные приближения иррациональных чисел. Действительные числа. Сравнение действительных чисел. Арифметический квадратный корень. Уравнение вида $x^2 = a$. Свойства арифметических квадратных корней. Преобразование числовых выражений, содержащих квадратные корни

Следующая тема — это «Числа и вычисления. Квадратные корни». Основное содержание этой темы: «Квадратный корень из числа», «Понятие об иррациональном числе», «Десятичные приближения иррациональных чисел», «Действительные числа», «Сравнение действительных чисел», «Арифметический квадратный корень», «Уравнение вида $x^2 = a$ », «Свойства арифметических квадратных корней», «Преобразование числовых выражений, содержащих квадратные корни». Так же, как и в предыдущих случаях, необходимо найти предметные связи с другими темами в программе алгебры с 8 по 9 класс, так как седьмой класс уже был рассмотрен и предметные связи установлены. Темами, соответствующими по основному содержанию рассматриваемой теме «Числа и вычисления. Квадратные корни», являются: «Числа и вычисления, степень с целым показателем», «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь» и тема 9 класса «Числа и вычисления, действительные числа». Дидактические единицы этих тем, которые имеют предметную связь, для темы «Числа и вычисления, степень с целым показателем» — это «Степень с целым показателем», «Стандартная запись числа», «Свойства степени с целым показателем»; для темы «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь» — это «Допустимые

значения переменных, входящих в алгебраические выражения»; и для темы 9 класса «Числа и вычисления, действительные числа» - это «Рациональные числа, иррациональные числа, конечные и бесконечные десятичные дроби», «Множество действительных чисел; действительные числа как бесконечные десятичные дроби», «Сравнение действительных чисел, арифметические действия с действительными числами» (Таблица 8) [51].

Таблица 8. Дидактические единицы для таблицы тем «Числа и вычисления. Квадратные корни», «Числа и вычисления, степень с целым показателем», «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь» и «Числа и вычисления, действительные числа»

Название темы	Дидактические единицы
Числа и вычисления. Квадратные корни	Квадратный корень из числа. Понятие об иррациональном числе. Десятичные приближения иррациональных чисел. Действительные числа. Сравнение действительных чисел. Арифметический квадратный корень. Уравнение вида $x^2 = a$. Свойства арифметических квадратных корней. Преобразование числовых выражений, содержащих квадратные корни
Числа и вычисления, степень с целым показателем	Степень с целым показателем. Стандартная запись числа. Размеры объектов окружающего мира (от элементарных частиц до космических объектов), длительность процессов в окружающем мире. Свойства степени с целым показателем
Алгебраические выражения, алгебраическая дробь	Алгебраическая дробь. Допустимые значения переменных, входящих в алгебраические выражения. Основное свойство алгебраической дроби. Сокращение дробей. Сложение, вычитание, умножение и деление алгебраических дробей. Преобразование выражений, содержащих алгебраические дроби
Числа и вычисления, действительные числа	Рациональные числа, иррациональные числа, конечные и бесконечные десятичные дроби. Множество действительных чисел; действительные числа как бесконечные десятичные дроби. Взаимно однозначное соответствие между множеством действительных чисел и множеством точек координатной прямой. Сравнение действительных чисел, арифметические действия с действительными числами. Приближённое значение величины, точность приближения. Округление чисел. Прикидка и оценка результатов вычислений

Следующая строка в таблице — это тема «Числа и вычисления, степень с целым показателем», которая так же, как и предыдущие темы, связана с темами

«Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен» и «Функции». Тема «Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен» связана с темой «Уравнения и неравенства, неравенства» (Таблица 9) [51].

Таблица 9. Дидактические единицы для таблицы тем «Числа и вычисления, степень с целым показателем», «Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен» и «Функции»

Название темы	Дидактические единицы
Числа и вычисления, степень с целым показателем	Степень с целым показателем. Стандартная запись числа. Размеры объектов окружающего мира (от элементарных частиц до космических объектов), длительность процессов в окружающем мире. Свойства степени с целым показателем
Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен	Квадратный трёхчлен. Разложение квадратного трёхчлена на множители
Функции	Понятие функции. Область определения и множество значений функции. Способы задания функций. График функции. Свойства функции, их отображение на графике

Тема «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь» связана с темой «Уравнения и неравенства, квадратные уравнения». Эти темы далее образуют цепь связей с темами «Уравнения и неравенства, Неравенства» и «Уравнения и неравенства, системы уравнений», однако последняя из перечисленных тем имеет связь с темой 9 класса «Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной» которая в свою очередь связана с темой «Уравнения и неравенства, системы уравнений» (Таблица 10) [51].

Таблица 10. Дидактические единицы для таблицы тем «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь», «Уравнения и неравенства, квадратные уравнения», «Уравнения и неравенства, Неравенства», «Уравнения и неравенства, системы уравнений» и «Уравнения и неравенства, системы уравнений»

Название темы	Дидактические единицы
Алгебраические выражения, алгебраическая дробь	Алгебраическая дробь. Допустимые значения переменных, входящих в алгебраические выражения. Основное свойство алгебраической дроби. Сокращение дробей. Сложение, вычитание, умножение и деление алгебраических дробей. Преобразование выражений, содержащих алгебраические дроби

Уравнения и неравенства, квадратные уравнения	Квадратное уравнение. Неполное квадратное уравнение. Формула корней квадратного уравнения. Теорема Виета. Решение уравнений, сводящихся к квадратным. Простейшие дробно-рациональные уравнения. Решение текстовых задач с помощью квадратных уравнений
Уравнения и неравенства, Неравенства	Числовые неравенства и их свойства. Неравенство с одной переменной. Линейные неравенства с одной переменной и их решение. Системы линейных неравенств с одной переменной и их решение. Изображение решения линейного неравенства и их систем на числовой прямой
Уравнения и неравенства, системы уравнений	Линейное уравнение с двумя переменными, его график, примеры решения уравнений в целых числах. Решение систем двух линейных уравнений с двумя переменными. Примеры решения систем нелинейных уравнений с двумя переменными. Графическая интерпретация уравнения с двумя переменными и систем уравнений с двумя переменными. Решение текстовых задач с помощью систем уравнений
Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной	Линейное уравнение. Решение уравнений, сводящихся к линейным. Квадратное уравнение. Решение уравнений, сводящихся к квадратным. Биквадратные уравнения. Примеры решения уравнений третьей и четвертой степеней разложением на множители. Решение дробно-рациональных уравнений. Решение текстовых задач алгебраическим методом

Так же, как и в предыдущем случае, темы «Функции, основные понятия» и «Функции, числовые функции» образуют предметную связь (Таблица 11) [51].

Таблица 11. Дидактические единицы для таблицы тем «функции, числовые функции» и «Функции, основные понятия»

Название темы	Дидактические единицы
Функции, числовые функции	Чтение и построение графиков функций. Примеры графиков функций, отражающих реальные процессы. Функции, описывающие прямую и обратную пропорциональные зависимости, их графики. Гипербола. График функции $y = x^2$. Функции $y = x^2$, $y = x^3$, $y = x$, $y = x$; графическое решение уравнений и систем уравнений
Функции, основные понятия	Понятие функции. Область определения и множество значений функции. Способы задания функций. График функции. Свойства функции, их отображение на графике

Результатом описанной выше работы является заполненный второй столбец таблицы, необходимый для построения сетевого графика. Также в таблицу были внесены три вспомогательные темы, а именно «Повторение пройденного материала» за 7, 8 и 9 классы, которые присутствуют в рабочих программах.

Темы повторения пройденного материала необходимы для того, чтобы избежать те случаи, когда темы не имеют предметной связи с другими. Именно такие темы, которые не стали предшествующими для других тем, необходимо вписать в связанные с повторением материала и соответствующие тому классу, к которому они относятся.

По такому же принципу заполняются оставшиеся таблицы по другим дисциплинам, выбранным для моделирования. В нашем исследовании это геометрия и физика.

В геометрии заполнение второго столбца идентично заполнению столбца в алгебре.

В геометрии первая тема 7 класса «Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин» не будет иметь предшествующую тему, так как наше исследование ограничено 7–9 классами [51].

Вторая тема «Треугольники» так же, как и в алгебре, будет связана с первой темой 7 класса, так как дисциплина «Геометрия» начинается с 7 класса.

Следующая тема «Параллельные прямые, сумма углов треугольника» будет связана со второй темой «Треугольники». Основное содержание второй темы включает в себя дидактические единицы: «Понятие о равных треугольниках и первичные представления о равных (конгруэнтных) фигурах», «Три признака равенства треугольников», «Признаки равенства прямоугольных треугольников», «Свойство медианы прямоугольного треугольника», «Равнобедренные и равносторонние треугольники», «Признаки и свойства равнобедренного треугольника», «Против большей стороны треугольника лежит больший угол», «Простейшие неравенства в геометрии», «Неравенство треугольника», «Неравенство ломаной», «Прямоугольный треугольник с углом в 30 градусов», «Первые понятия о доказательствах в геометрии» также связаны с дидактическими единицами третьей темы: «Параллельные прямые, их свойства, Пятый постулат Евклида», «Накрест лежащие, соответственные и односторонние углы (образованные при пересечении параллельных прямых секущей)», «Признак параллельности прямых через равенство расстояний от точек одной прямой до

второй прямой», «Сумма углов треугольника и многоугольника», «Внешние углы треугольника» (Таблица 12) [51].

Таблица 12. Дидактические единицы для таблицы тем «Параллельные прямые, сумма углов треугольника» и «Треугольники»

Название темы	Дидактические единицы
Параллельные прямые, сумма углов треугольника	Параллельные прямые, их свойства, Пятый постулат Евклида. Накрест лежащие, соответственные и односторонние углы (образованные при пересечении параллельных прямых секущей). Признак параллельности прямых через равенство расстояний от точек одной прямой до второй прямой. Сумма углов треугольника и многоугольника. Внешние углы треугольника
Треугольники	Понятие о равных треугольниках и первичные представления о равных (конгруэнтных) фигурах. Три признака равенства треугольников. Признаки равенства прямоугольных треугольников. Свойство медианы прямоугольного треугольника. Равнобедренные и равносторонние треугольники. Признаки и свойства равнобедренного треугольника. Против большей стороны треугольника лежит больший угол. Простейшие неравенства в геометрии. Неравенство треугольника. Неравенство ломаной. Прямоугольный треугольник с углом в 30 градусов. Первые понятия о доказательствах в геометрии

Рассмотрим далее предметную связь темы «Параллельные прямые, сумма углов треугольника» и тремя другими темами. Первая предметная связь будет образована с последней темой «Окружность и круг, геометрические построения» из программы 7 класса по геометрии, а две другие темы принадлежат к программе 8 класса по геометрии; «Четырёхугольники» и «Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники». Все перечисленные темы выше имеют предметные связи с третьей темой в дисциплине «Геометрия», и их связь основана на дидактических единицах из рабочей программы для этой дисциплины. Основное содержание темы «Параллельные прямые, сумма углов треугольника» было перечислено выше, поэтому необходимо указать дидактические единицы связанных тем. Тема «Окружность и круг, геометрические построения» включает в основное содержание следующие дидактические единицы: «Окружность, хорды и диаметры, их свойства», «Касательная к окружности», «Окружность, вписанная в угол», «Понятие о

геометрическом месте точек, применение в задачах», «Биссектриса и серединный перпендикуляр как геометрические места точек», «Окружность, описанная около треугольника», «Вписанная в треугольник окружность», «Простейшие задачи на построение». Тема «Четырёхугольники»: «Параллелограмм, его признаки и свойства», «Частные случаи параллелограммов (прямоугольник, ромб, квадрат), их признаки и свойства», «Трапеция», «Равнобокая и прямоугольная трапеции», «Удвоение медианы», «Центральная симметрия». И последняя связанная тема «Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники» включает в основное содержание дидактические единицы: «Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках», «Средняя линия треугольника», «Трапеция, её средняя линия», «Пропорциональные отрезки, построение четвёртого пропорционального отрезка», «Свойства центра масс в треугольнике», «Подобные треугольники», «Три признака подобия треугольников», «Практическое применение». Все вышперечисленные дидактические единицы, входящие в основное содержание этих связанных тем, позволяют выделить предметную связь, которая будет записана во второй столбец таблицы (Таблица 13) [51].

Таблица 13. Дидактические единицы для таблицы тем «Параллельные прямые, сумма углов треугольника», «Окружность и круг, геометрические построения», «Четырёхугольники» и «Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники»

Название темы	Дидактические единицы
Параллельные прямые, сумма углов треугольника	Параллельные прямые, их свойства, Пятый постулат Евклида. Накрест лежащие, соответственные и односторонние углы (образованные при пересечении параллельных прямых секущей). Признак параллельности прямых через равенство расстояний от точек одной прямой до второй прямой. Сумма углов треугольника и многоугольника. Внешние углы треугольника
Окружность и круг, геометрические построения	Окружность, хорды и диаметры, их свойства. Касательная к окружности. Окружность, вписанная в угол. Понятие о геометрическом месте точек, применение в задачах. Биссектриса и серединный перпендикуляр как геометрические места точек. Окружность, описанная около треугольника. Вписанная в треугольник окружность. Простейшие задачи на построение

Четырёхугольники	Параллелограмм, его признаки и свойства. Частные случаи параллелограммов (прямоугольник, ромб, квадрат), их признаки и свойства. Трапеция. Равнобокая и прямоугольная трапеции. Удвоение медианы. Центральная симметрия
Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники	Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках. Средняя линия треугольника. Трапеция, её средняя линия. Пропорциональные отрезки, построение четвёртого пропорционального отрезка. Свойства центра масс в треугольнике. Подобные треугольники. Три признака подобия треугольников. Практическое применение

Тема 8 класса «Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур» имеет предметную связь с темой «Четырёхугольники» на основании содержания темы «Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур», которое включает в себя дидактические единицы: «Понятие об общей теории площади», «Формулы для площади треугольника, параллелограмма», «Отношение площадей треугольников с общим основанием или общей высотой», «Вычисление площадей сложных фигур через разбиение на части и достроение», «Площади фигур на клетчатой бумаге», «Площади подобных фигур», «Вычисление площадей», «Задачи с практическим содержанием», «Решение задач с помощью метода вспомогательной площади» (Таблица 14) [51].

Таблица 14. Дидактические единицы для таблицы тем «Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур» и «Четырёхугольники»

Название темы	Дидактические единицы
Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур	Понятие об общей теории площади. Формулы для площади треугольника, параллелограмма. Отношение площадей треугольников с общим основанием или общей высотой. Вычисление площадей сложных фигур через разбиение на части и достроение. Площади фигур на клетчатой бумаге. Площади подобных фигур. Вычисление площадей. Задачи с практическим содержанием. Решение задач с помощью метода вспомогательной площади
Четырёхугольники	Параллелограмм, его признаки и свойства. Частные случаи параллелограммов (прямоугольник, ромб, квадрат), их признаки и свойства. Трапеция. Равнобокая и прямоугольная трапеции. Удвоение медианы. Центральная симметрия

Далее рассмотрим цепочку тем «Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур», «Теорема Пифагора и начала тригонометрии», «Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей» и тема 9 класса «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников», которые имеют последовательную предметную связь. Эти темы связаны друг с другом следующими дидактическими единицами, входящими в их основное содержание. Для тем «Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур» и «Теорема Пифагора и начала тригонометрии» дидактические единицы - это «Теорема Пифагора, её доказательство и применение», «Обратная теорема Пифагора», «Определение тригонометрических функций острого угла, тригонометрические соотношения в прямоугольном треугольнике», «Основное тригонометрическое тождество», «Соотношения между сторонами в прямоугольных треугольниках с углами в 45 и 45 градусов; 30 и 60 градусов». Для тем «Теорема Пифагора и начала тригонометрии» и «Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей» выделяются следующие дидактические единицы: «Вписанные и центральные углы, угол между касательной и хордой», «Углы между хордами и секущими», «Вписанные и описанные четырёхугольники, их признаки и свойства», «Применение этих свойств при решении геометрических задач», «Взаимное расположение двух окружностей», «Касание окружностей». Для темы «Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей» и темы 9 класса «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» выделены следующие дидактические единицы: «Определение тригонометрических функций углов от 0 до 180 градусов», «Косинус и синус прямого и тупого угла», «Теорема косинусов», «(Обобщённая) теорема синусов (с радиусом описанной окружности)», «Нахождение длин сторон и величин углов треугольников», «Формула площади треугольника через две стороны и угол между ними», «Формула площади четырёхугольника через его

диагонали и угол между ними», «Практическое применение доказанных теорем». В этом примере заполнения второго столбца таблицы для каждой предметной связи были даны дидактические единицы второй темы для простоты восприятия материала (Таблица 15) [51].

Таблица 15. Дидактические единицы для таблицы тем «Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур», «Теорема Пифагора и начала тригонометрии», «Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей» и «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников»

Название темы	Дидактические единицы
Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур	Понятие об общей теории площади. Формулы для площади треугольника, параллелограмма. Отношение площадей треугольников с общим основанием или общей высотой. Вычисление площадей сложных фигур через разбиение на части и достроение. Площади фигур на клетчатой бумаге. Площади подобных фигур. Вычисление площадей. Задачи с практическим содержанием. Решение задач с помощью метода вспомогательной площади
Теорема Пифагора и начала тригонометрии	Теорема Пифагора, её доказательство и применение. Обратная теорема Пифагора. Определение тригонометрических функций острого угла, тригонометрические соотношения в прямоугольном треугольнике. Основное тригонометрическое тождество. Соотношения между сторонами в прямоугольных треугольниках с углами 45 и 45 градусов; 30 и 60 градусов
Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей	Вписанные и центральные углы, угол между касательной и хордой. Углы между хордами и секущими. Вписанные и описанные четырехугольники, их признаки и свойства. Применение этих свойств при решении геометрических задач. Взаимное расположение двух окружностей. Касание окружностей
Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников	Определение тригонометрических функций углов от 0 до 180 градусов. Косинус и синус прямого и тупого угла. Теорема косинусов. (Обобщённая) теорема синусов (с радиусом описанной окружности). Нахождение длин сторон и величин углов треугольников. Формула площади треугольника через две стороны и угол между ними. Формула площади четырёхугольника через его диагонали и угол между ними. Практическое применение доказанных теорем

Оставшиеся темы 9 класса курса геометрии формируют две цепочки предметных связей, которые заканчиваются на повторении материала курса с 7 по 9 классы.

Первая цепочка предметных связей начинается с темы «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности» и продолжается темами «Векторы» и «Декартовы координаты на плоскости». Для темы «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности» предшествующей темой будет тема 7 класса «Окружность и круг, геометрические построения», и формировать предметную связь эти темы будут на основании общего содержания: «Понятие о преобразовании подобия», «Соответственные элементы подобных фигур», «Теорема о произведении отрезков хорд, теорема о произведении отрезков секущих, теорема о квадрате касательной», «Применение в решении геометрических задач». Основное содержание тем «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности» и «Векторы» включает в себя дидактические единицы: «Определение векторов, сложение и разность векторов, умножение вектора на число», «Физический и геометрический смысл векторов», «Разложение вектора по двум неколлинеарным векторам», «Координаты вектора», «Скалярное произведение векторов, его применение для нахождения длин и углов», «Решение задач с помощью векторов», «Применение векторов для решения задач кинематики и механики». И для предметной связи тем «Векторы» и «Декартовы координаты на плоскости» выделены дидактические единицы, входящие в основное содержание рабочей программы: «Декартовы координаты точек на плоскости», «Уравнение прямой», «Угловой коэффициент, тангенс угла наклона, параллельные и перпендикулярные прямые», «Уравнение окружности», «Нахождение координат точек пересечения окружности и прямой», «Метод координат при решении геометрических задач», «Использование метода координат в практических задачах». Таким образом, формируется первая из двух цепочек предметных связей в программе по геометрии 9 класса (Таблица 16) [51].

Таблица 16. Дидактические единицы для таблицы тем «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности», «Векторы» и «Декартовы координаты на плоскости»

Название темы	Дидактические единицы
Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности	Понятие о преобразовании подобия. Соответственные элементы подобных фигур. Теорема о произведении отрезков хорд, теорема о произведении отрезков секущих, теорема о квадрате касательной. Применение в решении геометрических задач
Векторы	Определение векторов, сложение и разность векторов, умножение вектора на число. Физический и геометрический смысл векторов. Разложение вектора по двум неколлинеарным векторам. Координаты вектора. Скалярное произведение векторов, его применение для нахождения длин и углов. Решение задач с помощью векторов. Применение векторов для решения задач кинематики и механики
Декартовы координаты на плоскости	Декартовы координаты точек на плоскости. Уравнение прямой. Угловой коэффициент, тангенс угла наклона, параллельные и перпендикулярные прямые. Уравнение окружности. Нахождение координат точек пересечения окружности и прямой. Метод координат при решении геометрических задач. Использование метода координат в практических задачах

Вторая цепочка состоит из тем «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности», «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей» и «Движения плоскости». Предметная связь темы «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности» была рассмотрена выше. Основное содержание тем «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности» и «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей» включает в себя дидактические единицы: «Правильные многоугольники, вычисление их элементов», «Число π и длина окружности», «Длина дуги окружности», «Радианная мера угла», «Площадь круга и его элементов (сектора и сегмента)», «Вычисление площадей фигур, включающих элементы круга». А их предметная связь основана на дидактических единицах из общего содержания тем «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление

площадей» и «Движения плоскости» соответствует: «Понятие о движении плоскости», «Параллельный перенос, поворот и симметрия», «Оси и центры симметрии», «Простейшие применения в решении задач» (Таблица 17) [51].

Таблица 17. Дидактические единицы для таблицы тем «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности», «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей» и «Движения плоскости»

Название темы	Дидактические единицы
Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности	Понятие о преобразовании подобия. Соответственные элементы подобных фигур. Теорема о произведении отрезков хорд, теорема о произведении отрезков секущих, теорема о квадрате касательной. Применение в решении геометрических задач
Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей	Правильные многоугольники, вычисление их элементов. Число π и длина окружности. Длина дуги окружности. Радианная мера угла. Площадь круга и его элементов (сектора и сегмента). Вычисление площадей фигур, включающих элементы круга
Движения плоскости	Понятие о движении плоскости. Параллельный перенос, поворот и симметрия. Оси и центры симметрии. Простейшие применения в решении задач

На основе той работы, что была выполнена ранее в рассмотрении примеров заполнения таблицы, возможно заполнить второй столбец в дисциплине по геометрии за 7, 8 и 9 классы.

Для заполнения второго столбца таблицы по предмету «Физика» необходимо выполнить все те же действия, что и для предметов «Алгебра» и «Геометрия». Однако физика в рабочей программе вместо распределения по темам, имеет деление на разделы и только после этого на темы. Чтобы не усложнять работу по выделению предметных связей, вместо тем в физике будут рассмотрены разделы. Так как до этого предметные связи обуславливались дидактическими единицами, входящими в основное содержание тем, то и в физике будут использоваться те же механизмы, что и в алгебре и геометрии. Чтобы не расписывать все дидактические единицы всех тем, входящих в разделы предмета «Физика», будут выбраны темы, которые больше подходят для отображения предметных связей.

Первый раздел «Физика и её роль в познании окружающего мира» так же, как и в геометрии, не будет иметь предшествующей, так как физика начинается только с 7 класса [52].

Второй раздел «Первоначальные сведения о строении вещества», как третий раздел «Движение и взаимодействие тел» и пятый раздел «Работа и мощность, энергия», будут иметь предметные связи с первым разделом физики. В первый раздел «Первоначальные сведения о строении вещества» входят темы «Физика — наука о природе», «Физические величины», «Естественнонаучный метод познания», и основное содержание включает в себя дидактические единицы: «Физика — наука о природе», «Явления природы», «Физические явления: механические, тепловые, электрические, магнитные, световые, звуковые», «Физические величины», «Измерение физических величин», «Физические приборы», «Погрешность измерений», «Международная система единиц», «Как физика и другие естественные науки изучают природу», «Естественно-научный метод познания: наблюдение, постановка научного вопроса, выдвижение гипотез, эксперимент по проверке гипотез, объяснение наблюдаемого явления», «Описание физических явлений с помощью моделей». Второму разделу «Первоначальные сведения о строении вещества» соответствуют темы «Строение вещества», «Движение и взаимодействие частиц вещества», «Агрегатные состояния вещества» и дидактические единицы входящие в основное содержание этих тем: «Атомы и молекулы, их размеры», «Опыты, доказывающие дискретное строение вещества», «Движение частиц вещества», «Связь скорости движения частиц с температурой», «Броуновское движение», «Диффузия», «Взаимодействие частиц вещества: притяжение и отталкивание», «Агрегатные состояния вещества: строение газов, жидкостей и твёрдых (кристаллических) тел», «Взаимосвязь между свойствами веществ в разных агрегатных состояниях и их атомно-молекулярным строением», «Особенности агрегатных состояний воды». Третий раздел «Движение и взаимодействие тел» включает темы «Механическое движение», «Инерция, масса, плотность», «Сила. Виды сил». Основное содержание состоит из дидактических единиц: «Механическое

движение», «Равномерное и неравномерное движение», «Скорость», «Средняя скорость при неравномерном движении», «Расчёт пути и времени движения», «Явление инерции. Закон инерции», «Взаимодействие тел как причина изменения скорости движения тел», «Масса как мера инертности тела», «Плотность вещества», «Связь плотности с количеством молекул в единице объёма вещества», «Сила как характеристика взаимодействия тел», «Сила упругости и закон Гука», «Измерение силы с помощью динамометра», «Явление тяготения и сила тяжести», «Сила тяжести на других планетах», «Вес тела», «Невесомость. Сложение сил, направленных по одной прямой», «Равнодействующая сил», «Сила трения», «Трение скольжения и трение покоя», «Трение в природе и технике». И в пятый раздел «Работа и мощность. Энергия» входят темы «Работа и мощность», «Простые механизмы», «Механическая энергия». Основное содержание тем пятого раздела физики включает в себя следующие дидактические единицы: «Механическая работа», «Мощность Простые механизмы: рычаг, блок, наклонная плоскость», «Правило равновесия рычага», «Применение правила равновесия рычага к блоку», «"Золотое правило" механики», «КПД простых механизмов», «Простые механизмы в быту и технике», «Рычаги в теле человека Кинетическая и потенциальная энергия», «Превращение одного вида механической энергии в другой», «Закон сохранения и изменения энергии в механике» (Таблица 18) [52].

Таблица 18. Дидактические единицы для таблицы, разделы «Первоначальные сведения о строении вещества», «Движение и взаимодействие тел» и «Работа и мощность, энергия»

Название раздела	Дидактические единицы
Первоначальные сведения о строении вещества	Атомы и молекулы, их размеры. Опыты, доказывающие дискретное строение вещества. Движение частиц вещества. Связь скорости движения частиц с температурой. Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие частиц вещества: притяжение и отталкивание. Агрегатные состояния вещества: строение газов, жидкостей и твёрдых (кристаллических) тел. Взаимосвязь между свойствами веществ в разных агрегатных состояниях и их атомно-молекулярным строением. Особенности агрегатных состояний воды
Движение и взаимодействие тел	Механическое движение. Равномерное и неравномерное движение. Скорость. Средняя скорость при

	<p>неравномерном движении. Расчёт пути и времени движения. Явление инерции. Закон инерции. Взаимодействие тел как причина изменения скорости движения тел. Масса как мера инертности тела. Плотность вещества. Связь плотности с количеством молекул в единице объёма вещества. Сила как характеристика взаимодействия тел. Сила упругости и закон Гука. Измерение силы с помощью динамометра. Явление тяготения и сила тяжести. Сила тяжести на других планетах. Вес тела. Невесомость. Сложение сил, направленных по одной прямой. Равнодействующая сил. Сила трения. Трение скольжения и трение покоя. Трение в природе и технике</p>
Работа и мощность, энергия	<p>Механическая работа. Мощность. Простые механизмы: рычаг, блок, наклонная плоскость. Правило равновесия рычага. Применение правила равновесия рычага к блоку. «Золотое правило» механики. КПД простых механизмов. Простые механизмы в быту и технике. Рычаги в теле человека. Кинетическая и потенциальная энергия. Превращение одного вида механической энергии в другой. Закон сохранения и изменения энергии в механике</p>

В дальнейшем рассмотрении примеров по заполнению второго столбца таблицы будут перечислены только темы, входящие в разделы физики.

Четвертый раздел «Давление твёрдых тел, жидкостей и газов» из программы 7 класса, точно так же как и седьмой раздел «Электрические и магнитные явления» программы 8 класса, а также разделы одиннадцать «Световые явления» и двенадцать «Квантовые явления» программы 9 класса, имеют предметную связь со вторым разделом «Первоначальные сведения о строении вещества». Темы, входящие в четвертый раздел «Давление. Передача давления твёрдыми телами, жидкостями и газами», «Давление жидкости», «Атмосферное давление», «Действие жидкости и газа на погружённое в них тело», темы, входящие в седьмой раздел: «Электрические заряды. Заряженные тела и их взаимодействие», «Постоянный электрический ток», «Магнитные явления», «Электромагнитная индукция»; темы из одиннадцатого раздела: «Законы распространения свет», «Линзы и оптические приборы», «Разложение белого света в спектр» и темы из двенадцатого раздела: «Испускание и

поглощение света атомом», «Строение атомного ядра», «Ядерные реакции» имеют предметную связь (Таблица 19) [52].

Таблица 19. Дидактические единицы для таблицы тем «Давление твёрдых тел, жидкостей и газов», «Электрические и магнитные явления», «Световые явления» и «Квантовые явления»

Название раздела	Дидактические единицы
Давление твёрдых тел, жидкостей и газов	Давление. Способы уменьшения и увеличения давления. Давление газа. Зависимость давления газа от объёма и температуры. Передача давления твёрдыми телами, жидкостями и газами. Закон Паскаля. Пневматические машины. Зависимость давления жидкости от глубины погружения. Гидростатический парадокс. Сообщающиеся сосуды. Гидравлические механизмы. Атмосфера Земли и атмосферное давление. Причины существования воздушной оболочки Земли. Опыт Торричелли. Измерение атмосферного давления. Зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря. Приборы для измерения атмосферного давления. Действие жидкости и газа на погружённое в них тело. Выталкивающая (архимедова) сила. Закон Архимеда. Плавание тел. Воздухоплавание
Световые явления	Электризация тел. Два рода электрических зарядов. Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона. Электрическое поле. Принцип суперпозиции электрических полей. Носители электрических зарядов. Элементарный электрический заряд. Строение атома. Проводники и диэлектрики. Закон сохранения электрического заряда. Электрический ток. Условия существования электрического тока. Источники постоянного тока. Действия электрического тока (тепловое, химическое, магнитное). Электрический ток в жидкостях и газах. Электрическая цепь. Сила тока. Электрическое напряжение. Сопротивление проводника. Удельное сопротивление вещества. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля–Ленца. Электропроводка и потребители электрической энергии в быту. Короткое замыкание. Постоянные магниты. Взаимодействие постоянных магнитов. Магнитное поле. Магнитное поле Земли и его значение для жизни на Земле. Опыт Эрстеда. Магнитное поле электрического тока. Применение электромагнитов в технике. Действие магнитного поля на проводник с током. Электродвигатель постоянного тока. Использование электродвигателей в технических устройствах и на транспорте. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. Электрогенератор. Способы получения электрической энергии. Электростанции на возобновляемых источниках энергии
Электрические и магнитные явления	Источники света. Лучевая модель света. Прямолинейное распространение света. Затмения Солнца и Луны. Отражение света. Плоское зеркало. Закон отражения света. Преломление света. Закон преломления света. Полное внутреннее отражение света. Использование внутреннего отражения в оптических световодах. Линза, ход лучей в линзе. Оптическая система. Оптические приборы: фотоаппарат, микроскоп и телескоп. Глаз как оптическая система. Близорукость и дальнозоркость. Разложение белого света в спектр. опыты Ньютона. Сложение спектральных цветов. Дисперсия света

Квантовые явления	Опыты Резерфорда и планетарная модель атома. Модель атома Бора. Испускание и поглощение света атомом. Кванты. Линейчатые спектры. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения. Строение атомного ядра. Нуклонная модель атомного ядра. Изотопы. Радиоактивные превращения. Период полураспада. Действия радиоактивных излучений на живые организмы. Ядерные реакции. Законы сохранения зарядового и массового чисел. Энергия связи атомных ядер. Связь массы и энергии. Реакции синтеза и деления ядер. Источники энергии Солнца и звёзд. Ядерная энергетика
-------------------	---

Следующий пример — это связь пятого раздела физики «Работа и мощность, энергия» с шестым разделом «Тепловые явления» и восьмым разделом «Механические явления». Темы пятого раздела «Работа и мощность», «Простые механизмы», «Механическая энергия» соответствуют темам шестого раздела: «Строение и свойства вещества», «Тепловые процессы» и темам восьмого раздела: «Механическое движение и способы его описания», «Взаимодействие тел», «Законы сохранения» (Таблица 20) [52].

Таблица 20. Дидактические единицы для таблицы тем «Работа и мощность, энергия», «Тепловые явления» и «Механические явления»

Название раздела	Дидактические единицы
Работа и мощность, энергия	Механическая работа. Мощность. Простые механизмы: рычаг, блок, наклонная плоскость. Правило равновесия рычага. Применение правила равновесия рычага к блоку. «Золотое правило» механики. КПД простых механизмов. Простые механизмы в быту и технике. Рычаги в теле человека. Кинетическая и потенциальная энергия. Превращение одного вида механической энергии в другой. Закон сохранения и изменения энергии в механике
Тепловые явления	Основные положения молекулярно-кинетической теории строения вещества. Масса и размеры атомов и молекул. Опыты, подтверждающие основные положения молекулярно-кинетической теории. Модели твёрдого, жидкого и газообразного состояний вещества. Кристаллические и аморфные твёрдые тела. Объяснение свойств газов, жидкостей и твёрдых тел на основе положений молекулярно-кинетической теории. Смачивание и капиллярные явления. Тепловое расширение и сжатие. Температура. Связь температуры со скоростью теплового движения частиц. Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии: теплопередача и совершение работы. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость вещества. Теплообмен и тепловое равновесие. Уравнение теплового баланса. Плавление и отвердевание кристаллических веществ.

	<p>Удельная теплота плавления. Парообразование и конденсация. Испарение. Кипение. Удельная теплота парообразования. Зависимость температуры кипения от атмосферного давления. Влажность воздуха. Энергия топлива. Удельная теплота сгорания. Принципы работы тепловых двигателей. КПД теплового двигателя. Тепловые двигатели и защита окружающей среды. Закон сохранения и превращения энергии в механических и тепловых процессах.</p>
Механические явления	<p>Механическое движение. Материальная точка. Система отсчёта. Относительность механического движения. Равномерное прямолинейное движение. Неравномерное прямолинейное движение. Средняя и мгновенная скорость тела при неравномерном движении. Ускорение. Равноускоренное прямолинейное движение. Свободное падение. опыты Галилея. Равномерное движение по окружности. Период и частота обращения. Линейная и угловая скорости. Центростремительное ускорение. Первый закон Ньютона. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Принцип суперпозиции сил. Сила упругости. Закон Гука. Сила трения: сила трения скольжения, сила трения покоя, другие виды трения. Сила тяжести и закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения. Движение планет вокруг Солнца. Первая космическая скорость. Невесомость и перегрузки. Равновесие материальной точки. Абсолютно твёрдое тело. Равновесие твёрдого тела с закреплённой осью вращения. Момент силы. Центр тяжести. Импульс тела. Изменение импульса. Импульс силы. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Механическая работа и мощность. Работа сил тяжести, упругости, трения. Связь энергии и работы. Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью земли. Потенциальная энергия сжатой пружины. Кинетическая энергия. Теорема о кинетической энергии. Закон сохранения механической энергии.</p>

Следующий пример заполнения таблицы — это предметная связь двух пар разделов. Седьмой раздел «Электрические и магнитные явления» имеет предметную связь с десятым разделом «Электромагнитное поле и электромагнитные волны» (Таблица 21), и восьмой раздел «Механические явления» с девятым разделом «Механические колебания и волны» физики. Для седьмого и десятого разделов предметные связи описаны через темы десятого раздела: «Электромагнитное поле и электромагнитные волны», а для восьмого и

девятого через темы последнего: «Механические колебания», «Механические волны. Звук» (Таблица 22) [52].

Таблица 21. Дидактические единицы для таблицы тем «Электрические и магнитные явления» и «Электромагнитное поле и электромагнитные волны»

Название раздела	Дидактические единицы
Электрические и магнитные явления	Электризация тел. Два рода электрических зарядов. Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона. Электрическое поле. Принцип суперпозиции электрических полей. Носители электрических зарядов. Элементарный электрический заряд. Строение атома. Проводники и диэлектрики. Закон сохранения электрического заряда. Электрический ток. Условия существования электрического тока. Источники постоянного тока. Действия электрического тока (тепловое, химическое, магнитное). Электрический ток в жидкостях и газах. Электрическая цепь. Сила тока. Электрическое напряжение. Сопротивление проводника. Удельное сопротивление вещества. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля–Ленца. Электропроводка и потребители электрической энергии в быту. Короткое замыкание. Постоянные магниты. Взаимодействие постоянных магнитов. Магнитное поле. Магнитное поле Земли и его значение для жизни на Земле. Опыт Эрстеда. Магнитное поле электрического тока. Применение электромагнитов в технике. Действие магнитного поля на проводник с током. Электродвигатель постоянного тока. Использование электродвигателей в технических устройствах и на транспорте. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. Электрогенератор. Способы получения электрической энергии. Электростанции на возобновляемых источниках энергии.
Электромагнитное поле и электромагнитные волны	Электромагнитное поле. Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Использование электромагнитных волн для сотовой связи. Электромагнитная природа света. Скорость света. Волновые свойства света

Таблица 22. Дидактические единицы для таблицы тем «Механические явления» и «Механические колебания и волны»

Название раздела	Дидактические единицы
Механические явления	Механическое движение. Материальная точка. Система отсчёта. Относительность механического движения. Равномерное прямолинейное движение. Неравномерное прямолинейное движение. Средняя и мгновенная скорость тела при неравномерном движении. Ускорение. Равноускоренное прямолинейное движение. Свободное падение. опыты Галилея. Равномерное движение по окружности. Период и частота обращения. Линейная и угловая скорости. Центростремительное ускорение. Первый закон Ньютона. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Принцип

	<p>суперпозиции сил. Сила упругости. Закон Гука. Сила трения: сила трения скольжения, сила трения покоя, другие виды трения. Сила тяжести и закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения. Движение планет вокруг Солнца. Первая космическая скорость. Невесомость и перегрузки. Равновесие материальной точки. Абсолютно твёрдое тело. Равновесие твёрдого тела с закреплённой осью вращения. Момент силы. Центр тяжести. Импульс тела. Изменение импульса. Импульс силы. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Механическая работа и мощность. Работа сил тяжести, упругости, трения. Связь энергии и работы. Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью земли. Потенциальная энергия сжатой пружины. Кинетическая энергия. Теорема о кинетической энергии. Закон сохранения механической энергии.</p>
Механические колебания и волны	<p>Колебательное движение. Основные характеристики колебаний: период, частота, амплитуда. Математический и пружинный маятники. Превращение энергии при колебательном движении. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Свойства механических волн. Длина волны. Механические волны в твёрдом теле, сейсмические волны. Звук. Громкость звука и высота тона. Отражение звука. Инфразвук и ультразвук</p>

На этом этапе, после заполнения второго столбца таблицы во всех дисциплинах, выбранных в рамках нашего исследования, необходимо перейти к заполнению следующих столбцов.

Третий столбец таблицы — это временные затраты на изучения тем, которые записаны в первом столбце. Временные затраты прописаны в рабочих программах и отражают то количество учебных часов, которое необходимо затратить на изучения темы обучающимися (Таблица 23).

Таблица 23. Пример заполнения третьего столбца таблицы сетевого графика

Тема	Предшествующая тема	Продолжительность изучения текущей темы
Числа и вычисления, рациональные числа		25
Алгебраические выражения	Числа и вычисления, рациональные числа	27
Уравнения и неравенства	Алгебраические выражения	20
Координаты и графики, функции	Алгебраические выражения	24
Повторение и обобщение	Все за 7 класс	6

Четвертый столбец — это иерархический ранг, присвоенный темам из первого столбца по правилам работы с методом сетевых графиков. Этот ранг означает последовательность расположения тем на сетевом графике, но не влияет на ценность предметных связей или междисциплинарных связей. По правилам сетевых графиков, один и тот же ранг может быть присвоен нескольким темам.

Рассмотрим примеры заполнения четвертого столбца выбранных дисциплин в рамках нашего исследования. Порядок рассмотрения тем будет соответствовать иерархическому рангу, а не порядку записи в таблицу.

Первой дисциплиной, выступающей в качестве примера, станет алгебра. Первая тема алгебры «Числа и вычисления, рациональные числа» получит первый ранг, так как рассмотрение алгебры в нашем исследовании начинается с 7 класса, и все предыдущие предметные связи будут вне поля рассмотрения.

Второй ранг будет принадлежать теме «Алгебраические выражения», так как во втором столбце указана тема «Числа и вычисления, рациональные числа», которой присвоен был первый ранг. Третий ранг будет присвоен сразу двум темам: «Уравнения и неравенства» и «Координаты и графики, функции», так как предшествующая им тема «Алгебраические выражения» имеет второй ранг. Четвертый ранг будет присвоен двум темам «Числа и вычисления, квадратные корни», «Функции, основные понятия» и вспомогательной теме «Повторение и обобщение», так как предшествующие им темы «Уравнения и неравенства» и «Координаты и графики, функции» имели третий ранг. Пятый ранг присвоен темам «Числа и вычисления, степень с целым показателем», «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь», «Функции, числовые функции» и «Числа и вычисления, действительные числа». Шестой ранг будет принадлежать темам «Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен», «Уравнения и неравенства, квадратные уравнения», «Функции» и «Числовые последовательности». Седьмой ранг относится к темам «Уравнения и неравенства, системы уравнений» и «Уравнения и неравенства, неравенства». Восьмой – к «Уравнения и неравенства, неравенства» и «Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной». Девятый ранг – к темам «Повторение и обобщение за 8 класс» и «Уравнения и

неравенства, системы уравнений». Последний ранг присваивается вспомогательной теме «Повторение, обобщение, систематизация знаний», введенной специально для возможности построения сетевого графика (Таблица 24) [51].

Таблица 24. Пример заполнения четвертого столбца таблицы сетевого графика для предмета «Алгебра»

Тема	Предшествующая тема	Продолжительность изучения текущей темы	ранг
АЛГЕБРА			
Числа и вычисления, рациональные числа		25	
Алгебраические выражения	Числа и вычисления, рациональные числа	27	
Уравнения и неравенства	Алгебраические выражения	20	
Координаты и графики, функции	Алгебраические выражения	24	
Повторение и обобщение	Все за 7 класс	6	

Учитывая предыдущие рассуждения, визуализируем данные таблицы в виде сетевого графика (Рис. 2), на котором показано, как он должен выглядеть для учебного предмета «Алгебра».

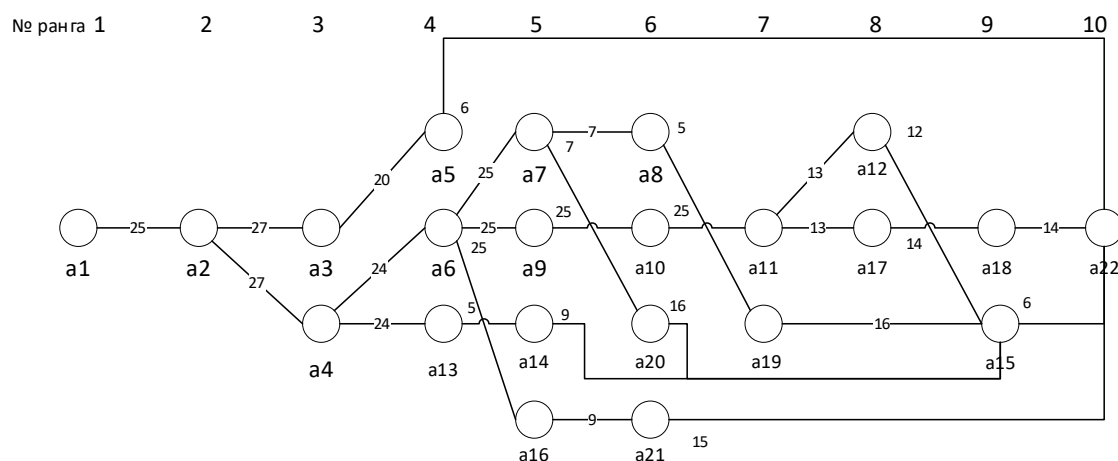


Рисунок 2. Визуализация данных таблицы в виде сетевого графика

Следующая дисциплина, которая будет рассмотрена как пример — это геометрия. Первый ранг присваивается первой теме 7 класса «Простейшие

геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин». Второй ранг относится к теме «Треугольники», третий ранг относится к теме «Параллельные прямые, сумма углов треугольника». Четвертый ранг принадлежит темам «Окружность и круг, геометрические построения», «Четырёхугольники» и «Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники». Пятый ранг соответствует темам «Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур» и «Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности». Шестому рангу принадлежат темы «Теорема Пифагора и начала тригонометрии», «Векторы» и «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей». Седьмому рангу соответствуют темы «Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей», «Декартовы координаты на плоскости» и «Движения плоскости». Восьмой ранг принадлежит теме «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» и последний девятый ранг, как и в примере с алгеброй, соответствует специально введённой теме «Повторение, обобщение, систематизация знаний» которая необходима для метода сетевых графиков (Таблица 25) [51].

Таблица 25. Пример заполнения четвертого столбца таблицы сетевого графика для предмета «Геометрия»

ГЕОМЕТРИЯ			
Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин		14	
Треугольники	Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин	22	
Параллельные прямые, сумма углов треугольника	Треугольники	14	
Окружность и круг, геометрические построения	Параллельные прямые, сумма углов треугольника	14	
Повторение, обобщение знаний	Все за 7 класс	4	

Последний пример заполнения — это физика. Первый раздел «Физика и её роль в познании окружающего мира» будет иметь первый ранг. Второй ранг будет присвоен сразу трем разделам физики: «Первоначальные сведения о строении вещества», «Движение и взаимодействие тел» и «Работа и мощность, энергия». Третий ранг принадлежит одновременно шести разделам физики, а именно «Давление твёрдых тел, жидкостей и газов», «Тепловые явления», «Электрические и магнитные явления», «Механические явления», «Световые явления» и «Квантовые явления». Четвертому рангу относятся две темы «Механические колебания и волны» и «Электромагнитное поле и электромагнитные волны». Последний ранг присвоен теме «Повторительно-обобщающий модуль», который так же, как и в предыдущих режимах необходим для корректного построения сетевого графика (Таблица 26) [52].

Таблица 26. Пример заполнения четвертого столбца таблицы сетевого графика для предмета «Физика»

ФИЗИКА			
Раздел 1, Физика и её роль в познании окружающего мира		6	1
Раздел 2, Первоначальные сведения о строении вещества	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира	5	2
Раздел 3, Движение и взаимодействие тел	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира	21	2
Раздел 4, Давление твёрдых тел, жидкостей и газов	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества	21	3
Раздел 5, Работа и мощность, энергия	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира	12	2
Резервное время	Все за 7 класс	3	4

Следующие два столбца в данной таблице кратко обозначают названия тем из первого и второго столбца и сделаны для удобства построения сетевых графиков (Таблица 27). Полностью заполненная таблица с данными, необходимыми для построения сетевых графиков для трех дисциплин представлена в Приложении В.

Таблица 27. Пример заполнения пятого и шестого столбца таблицы сетевого графика

Тема	Предшествующая тема	Продолжительность изучения текущей темы	Ранг	Краткое обозначение темы	Краткое обозначение предшествующей темы
АЛГЕБРА					
Числа и вычисления, рациональные числа		25	1	a1	
Алгебраические выражения	Числа и вычисления, рациональные числа	27	2	a2	a1
Уравнения и неравенства	алгебраические выражения	20	3	a3	a2

Следующим этапом нашего исследования стало построение сетевых графиков для выбранных дисциплин с помощью данных из заполненной таблицы.

Первая дисциплина – алгебра. В самом начале необходимо обозначить первую тему на графике. Эта тема «Числа и вычисления, рациональные числа» которая на общем графике будет обозначена как «a1» согласно столбцу сокращений. Первая тема алгебры имеет первый ранг и является отправной точкой в освоении предмета. На графике тема обозначена как круг. Второй темой, отраженной на сетевом графике, станет тема, которой был присвоен второй ранг, то есть тема «Алгебраические выражения». Она будет отображена на сетевом графике правее первой теме, так как по иерархии старше, и соединена с первым кругом прямой, на которой отражено количество времени, необходимое для усвоение первой темы, то есть значение из третьего столбца первой строки – 25 часов. Третий ранг в дисциплине «Алгебра» присвоен сразу двум темам, и для их отображения на сетевом графике применяются круги, советующие темам «Уравнения и неравенства» и «Координаты и графики, функции» с условными обозначениями a3 и a4, размещенные колонной правее второго ранга. Тему второго ранга соединяем линиями с темами третьего ранга и подписываем эту линию временем, затрачиваемым на усвоение второй темы, - 27 часов. Пример представлен на Рисунке 3 [51].

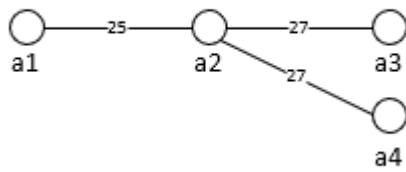


Рисунок 3. Первая часть сетевого графика по дисциплине алгебра, где а1 - «Числа и вычисления, рациональные числа», а2 - «Алгебраические выражения», а3 - «Уравнения и неравенства», а4 - «Координаты и графики, функции», цифры на линиях отображают трудозатраты в часах на усвоение тем, находящихся слева

Следующим шагом в построении сетевого графика по алгебре становится распределение тем четвертого ранга «Числа и вычисления, квадратные корни» и «Функции, основные понятия», а также дополнительной темы «Повторение и обобщение». Как и при предыдущем распределении, обозначаем темы кругами, расположенными колонной правее тем третьего ранга, и присваиваем им на графике сокращенные обозначения. Однако поскольку третий ранг был присвоен сразу двум темам, то темы 4 ранга необходимо соединить линиями с обозначением временных трудозатрат согласно второму столбцу таблицы, в котором указаны предшествующие темы, то есть тему «Повторение и обобщение» с обозначением а5 необходимо соединить с темой «Уравнения и неравенства» с обозначением а3. А темы «Числа и вычисления, квадратные корни» и «Функции, основные понятия» с обозначениями а6 и а13 соответственно с темой «Координаты и графики, функции» с обозначением а4. Итог этого шага можно увидеть на Рисунке 4 [51].

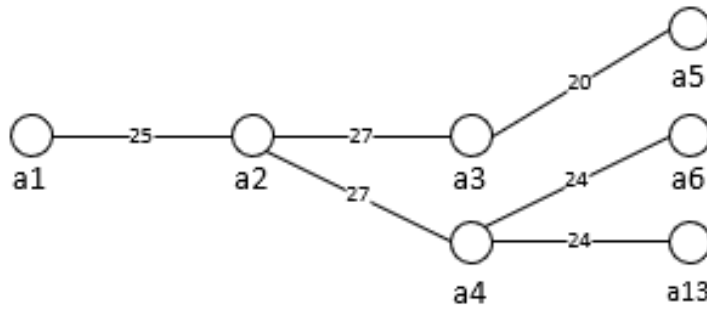


Рисунок 4. Вторая часть сетевого графика по дисциплине алгебра, где a1 - «Числа и вычисления, рациональные числа», a2 - «Алгебраические выражения», a3 - «Уравнения и неравенства», a4 - «Координаты и графики, функции», a5 - «Повторение и обобщение», a6 - «Числа и вычисления, квадратные корни», a13 - «Функции, основные понятия», цифры на линиях отображают трудозатраты в часах на усвоение тем, находящихся слева

Следующий, пятый, ранг содержит в себе четыре темы «Числа и вычисления, степень с целым показателем», «Алгебраические выражения, алгебраическая дробь», «Функции, числовые функции» и «Числа и вычисления, действительные числа» с сокращенными обозначениями a7, a9, a14 и a16 соответственно. Точно так же, как и в предыдущем случае, соединение линиями с временными трудозатратами регулируется вторым столбцом таблицы, однако в данном случае тема «Повторение и обобщение» четвертого ранга a5 не будет иметь линий трудозатрат [51].

На шестом ранге расположены темы «Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен», «Уравнения и неравенства, квадратные уравнения», «Функции» и «Числовые последовательности», для которых используются сокращенные обозначения a8, a10, a20 и a21 соответственно. В этом случае тема a14 пятого ранга так же, как и в предыдущем, не имеет связей с темами шестого ранга, как и другие ветви, будет обработана на следующих шагах построения сетевого графика. Для остальных тем пятого и шестого ранга проведение линий

временных трудозатрат проходит в соответствии со вторым столбцом таблицы [51].

На седьмом ранге расположены темы «Уравнения и неравенства, системы уравнений» и «Уравнения и неравенства, неравенства» с обозначениями a_{11} и a_{19} соответственно, на восьмом ранге - темы «Уравнения и неравенства, неравенства» и «Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной» с обозначениями a_{12} и a_{17} соответственно и на девятом ранге - темы «Уравнения и неравенства, системы уравнений» и «Повторение и обобщение» обозначениями a_{18} и a_{15} [51].

На последнем, десятом, ранге расположена тема «Повторение, обобщение, систематизация знаний». При условии, что все линии временных трудозатрат были проведены в соответствии со вторым столбцом таблицы, получаем сетевой график, подобный тому, который изображен на Рисунке 3 [51].

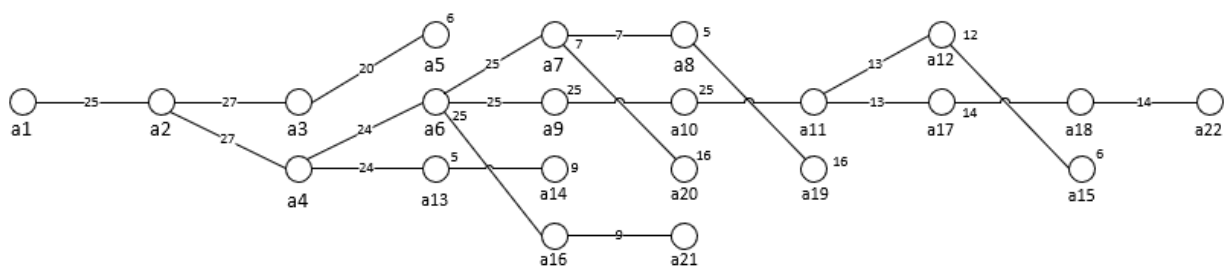


Рисунок 5. Третья часть сетевого графика по дисциплине алгебра, где $a_1 - a_{22}$ - сокращенные обозначения тем из пятого столбца таблицы сетевого графика, цифры на линиях отображают трудозатраты в часах на усвоение тем, находящихся слева

Тем не менее, получившийся сетевой график составлен не в полном соответствии с правилами составления сетевых графиков, так как включает «тупиковые» темы, о которых было упомянуто выше (a_5 с названиями, a_{14} , a_{15} , a_{20} , a_{21}). Для того что бы исправить это несоответствие, необходимо достроить необходимые элементы сетевого графика, и итоговый график отражен на Рисунке 6.

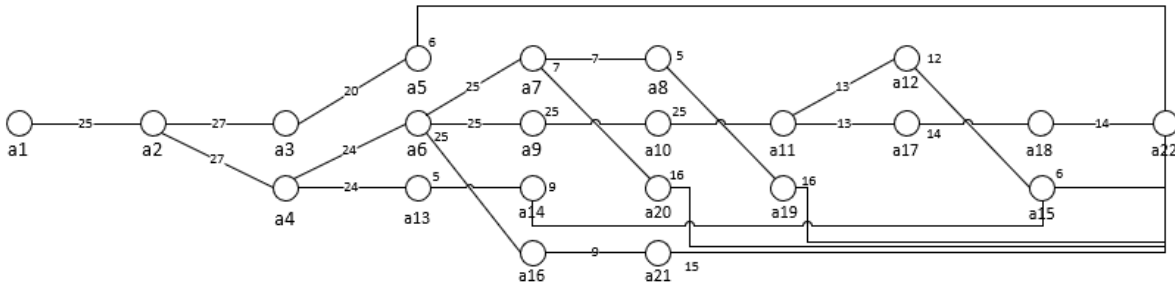


Рисунок 6. Сетевой график по дисциплине «Алгебра», где a1 – a22 - сокращенные обозначения тем из пятого столбца таблицы сетевого графика, цифры на линиях отображают трудозатраты в часах на усвоения тем, находящихся слева

Для тем по физике и геометрии получим сетевые графики, которые показаны на Рисунке 7 и Рисунке 8.

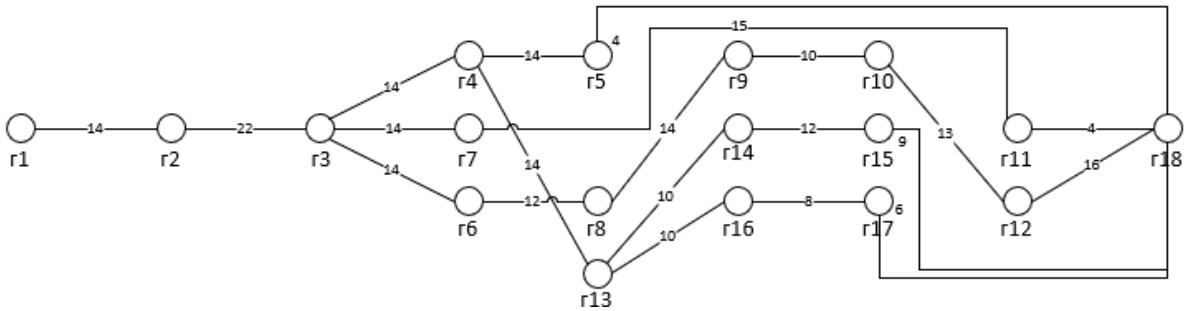


Рисунок 7. Сетевой график по дисциплине «Геометрия», где r1 –r18 - сокращенные обозначения тем из пятого столбца таблицы сетевого графика, цифры на линиях отображают трудозатраты в часах на усвоения тем, находящихся слева

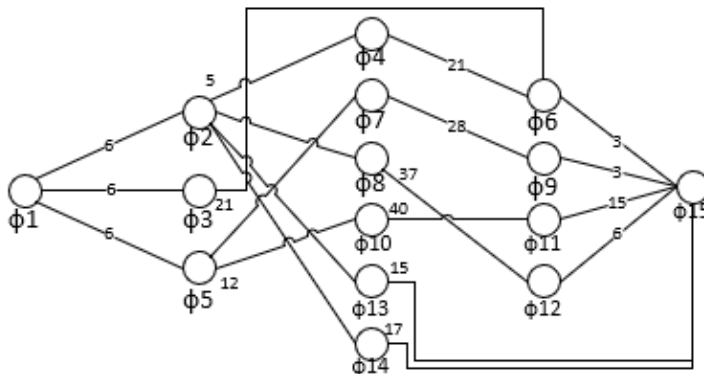


Рисунок 8. Сетевой график по дисциплине «Физика», где ф1 – ф15 - сокращенные обозначения тем из пятого столбца таблицы сетевого графика, цифры на линиях отображают трудозатраты в часах на усвоения тем, находящихся слева

Для удобства восприятия сетевых графиков трех дисциплин, а также для работы с междисциплинарными связями, объединим все три сетевых графика на одной картинке, как представлено на Рисунке 9, а также в Приложении А.

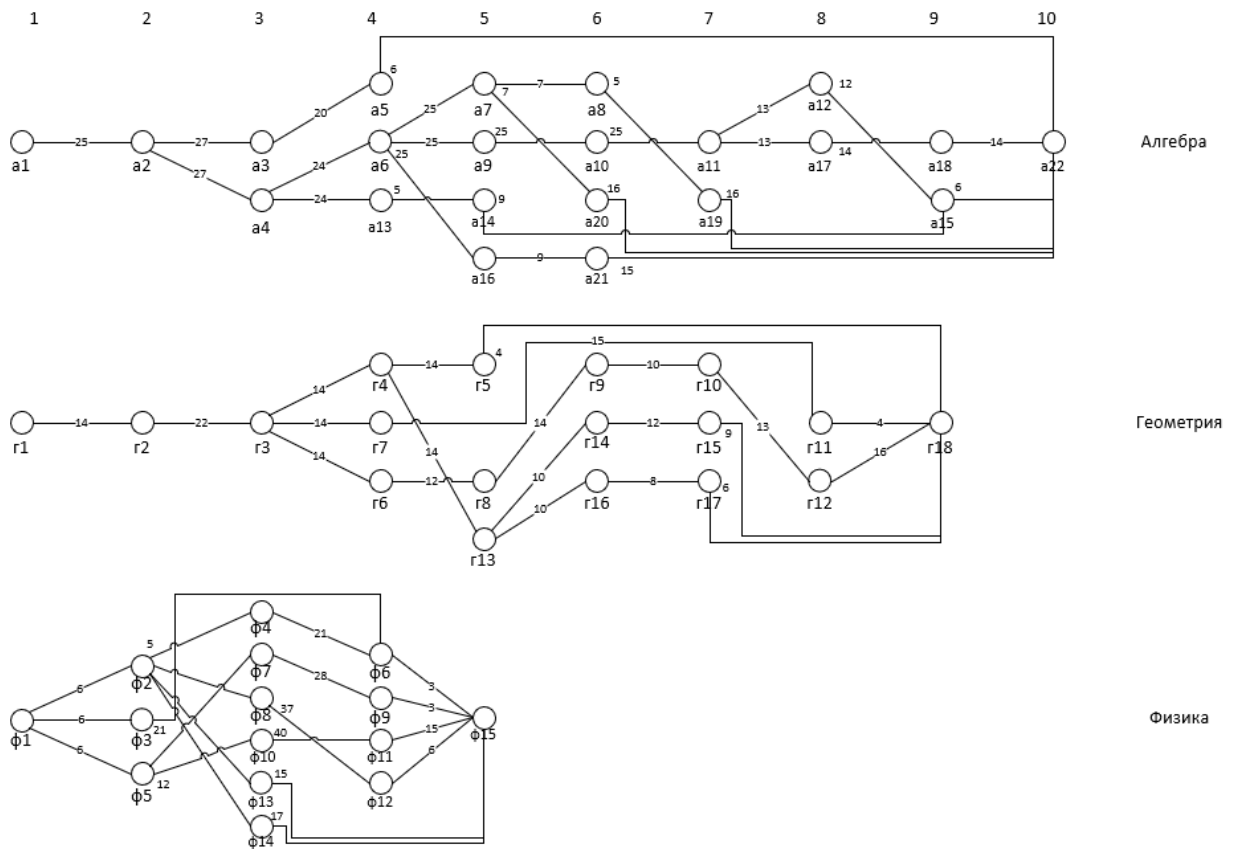


Рисунок 9. Сетевой график трех дисциплин

Таким получилось эталонное моделирование на основе рабочих программ. При формировании таблицы, на основе которой строилась модель, не были сформированы начальные данные о междисциплинарных связях, о которых было заявлено на этапе подготовки к моделированию, на том основании, что введение в эту модель междисциплинарных связей без предварительного анализа прохождения тем является преждевременным. Все связи, которые в данной модели выражены линиями, идущими от кругов, соответствуют первому и второму столбцам в таблице, и являются внутридисциплинарными. Однако по правилам построения сетевых графиков нельзя оставлять элементы без связей, кроме первого и последнего, поэтому были добавлены дополнительные связи с повторениями материалов, если у тем не было сильной связи с другими.

Временные затраты на прохождения тем обозначены цифрами, находящимися либо в середине линий связи, либо рядом с кругами.

Принцип, на котором были сформированы междисциплинарные связи, строился из предварительного анализа данных для моделирования. Связи устанавливались на основании фреймов тем, которые имеют влияние друг на друга, то есть являются основой для последующих тем. При этом необходимо отметить, что при еще более глубокой детализации содержаний фреймов возможно получить иные иерархии тем, таким образом повысив качество результата, однако для цели нашего исследования эти допущения возможны, так как целью исследования является разработка и апробация модели формирования междисциплинарных связей на примере трех дисциплин, которые были выбраны для работы с реальными системами, что, в свою очередь, дает возможность анализа практического аспекта выбранной тематики.

Как видно из графического отображения моделирования трех дисциплин, а именно алгебры, геометрии и физики, в каждой из них существуют множества комбинаций перестановки последовательности тем для успешного завершения курса. Также в модели присутствует временное отображение затрат времени, показывающее, что некоторые пути формирования окончательного варианта линейного расположения тем в рамках курса создают условия длительного временного разрыва при прохождении тем, зависящих от одной предыдущей темы, что, в свою очередь, предположительно указывает на ухудшение качества усвоения курса.

После построения сетевого графика предметных связей можно приступать к построению модели с междисциплинарными связями, для которых будем использовать последний столбец в таблице. Для заполнения последнего столбца в таблице необходимо найти междисциплинарные связи в выбранных дисциплинах. Для нахождения тем, между которыми будут установлены междисциплинарные связи, необходимо выявить феномены, которые можно описать при помощи дидактических единиц из тем разных дисциплин.

В качестве примеров нахождения междисциплинарных связей выступят пять связей междисциплинарного характера, выявленных в рамках нашего исследования.

Для первого примера междисциплинарной связи рассмотрим явление, которое связано сразу с тремя рассматриваемыми дисциплинами в рамках нашего исследования, а именно «Координатное пространство». Данное явление представлено в трех дисциплинах, и для нахождения тем, включающих дисциплинарное объяснение пространства координат, необходимо выбрать по одной теме из выбранных ранее дисциплин в рамках нашего исследования. Так как множество тем связаны с этим явлением, то необходимо выбрать только те темы из предметов, которые описывают это явление или проводят манипуляции с этим явлением. Также необходимо сделать уточнение, что «Координатное пространство», которое является абстрактным математическим конструктом, призванным описать реальность, в данном случае выступает явлением для описания междисциплинарных связей. После того как было выбрано явление, необходимо выделить темы из предметов. Для алгебры наиболее подходящей будет тема «Координаты и графики, функции», в основное содержание которой входят: «Прямоугольная система координат на плоскости», «Чтение графиков реальных зависимостей», «Координата точки на прямой», «График функции», «Построение графика линейной функции». Для геометрии — это тема «Векторы», в основное содержание которой включены дидактические единицы: «Разложение вектора по двум неколлинеарным векторам», «Координаты вектора», «Скалярное произведение векторов, его применение для нахождения длин и углов», «Решение задач с помощью векторов», «Применение векторов для решения задач кинематики и механики». Для физики - третий раздел «Движение и взаимодействие тел», включающий следующие дидактические единицы в основном содержании тем: «Сложение сил, направленных по одной прямой», «Равнодействующая сил», «Сила трения», «Трение скольжения и трение покоя», «Трение в природе и технике». Завершением этого шага на последнем этапе будет внесение полученных данных в последний столбец таблицы и отображение на

сетевом графике междисциплинарных связей зеленым цветом, связанных тем, как показано на Рисунке 10 [51].

Следующим примером является рассмотрение цепочки тем из разных дисциплин, которые необходимы для успешного усвоения материала. В алгебре это тема «Числа и вычисления, квадратные корни», в геометрии - «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников», физике - раздел «Световые явления». Все эти темы последовательно, начиная с алгебры и заканчивая физикой, позволяют обучающимся изучать материал без повторений материала из других дисциплин. Таким образом, мы полагаем, что при обеспечении минимального временного интервала при прохождении этих тем в образовательной программе усвоение материала будет успешнее, так как позволяет избежать лишние повторы. Как в предыдущем примере, запишем эту междисциплинарную связь в последний столбец таблицы и обозначим на сетевом графике фиолетовым цветом, как на Рисунке 10 [51, 52].

Третьим примером является междисциплинарная связь двух дисциплин, прохождение которых обеспечит эффективное восприятие и понимание материала образовательной программы за счет схожести дидактических единиц. В качестве примера выступают две темы: в алгебре тема «Числа и вычисления, степень с целым показателем» и в физике «Раздел 6, Тепловые явления». В основном содержании темы алгебры содержатся дидактические единицы: «Размеры объектов окружающего мира (от элементарных частиц до космических объектов), длительность процессов в окружающем мире», а в физике: «Основные положения молекулярно-кинетической теории строения вещества», «Масса и размеры атомов и молекул», «Опыты, подтверждающие основные положения молекулярно-кинетической теории», «Модели твёрдого, жидкого и газообразного состояний вещества», «Кристаллические и аморфные твёрдые тела». Запишем полученные данные в последний столбец таблицы и обозначим красным цветом на сетевом графике, как на Рисунке 10 [51, 52].

Четвертым примером является междисциплинарная связь между темами алгебры «Функции, основные понятия» и геометрии «Правильные

многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей», в которых приобретаемое умение работать с функциями в алгебре связано с их графическим представлением и формами геометрических фигур в геометрии. Данная междисциплинарная связь представляется сложной к восприятию, поскольку является представлением о графике как о наборе элементов геометрических фигур. Также она предоставляет возможность манипуляций с графиками функций, которые в дальнейшем рассматриваются в рамках дисциплины высшей математики. Запишем полученные данные в последний столбец таблицы и обозначим желтым цветом на сетевом графике, как показано на Рисунке 10 [51].

И последним примером междисциплинарной связи в нашей работе выступит связь темы алгебры «Числовые последовательности» и раздела физики «Квантовые явления»? где междисциплинарная связь обусловлена представлением в алгебре последовательности чисел, которые образуют структуры с характерными признаками, коррелирующимися с современными представлениями о строении атомов вещества, процессах взаимодействия атомов и схожестью некоторых процессов протекания ядерных процессов. Запишем полученные данные в последний столбец таблицы и обозначим бирюзовым цветом на сетевом графике, как на Рисунке 10, а также в Приложении Б [51, 52].

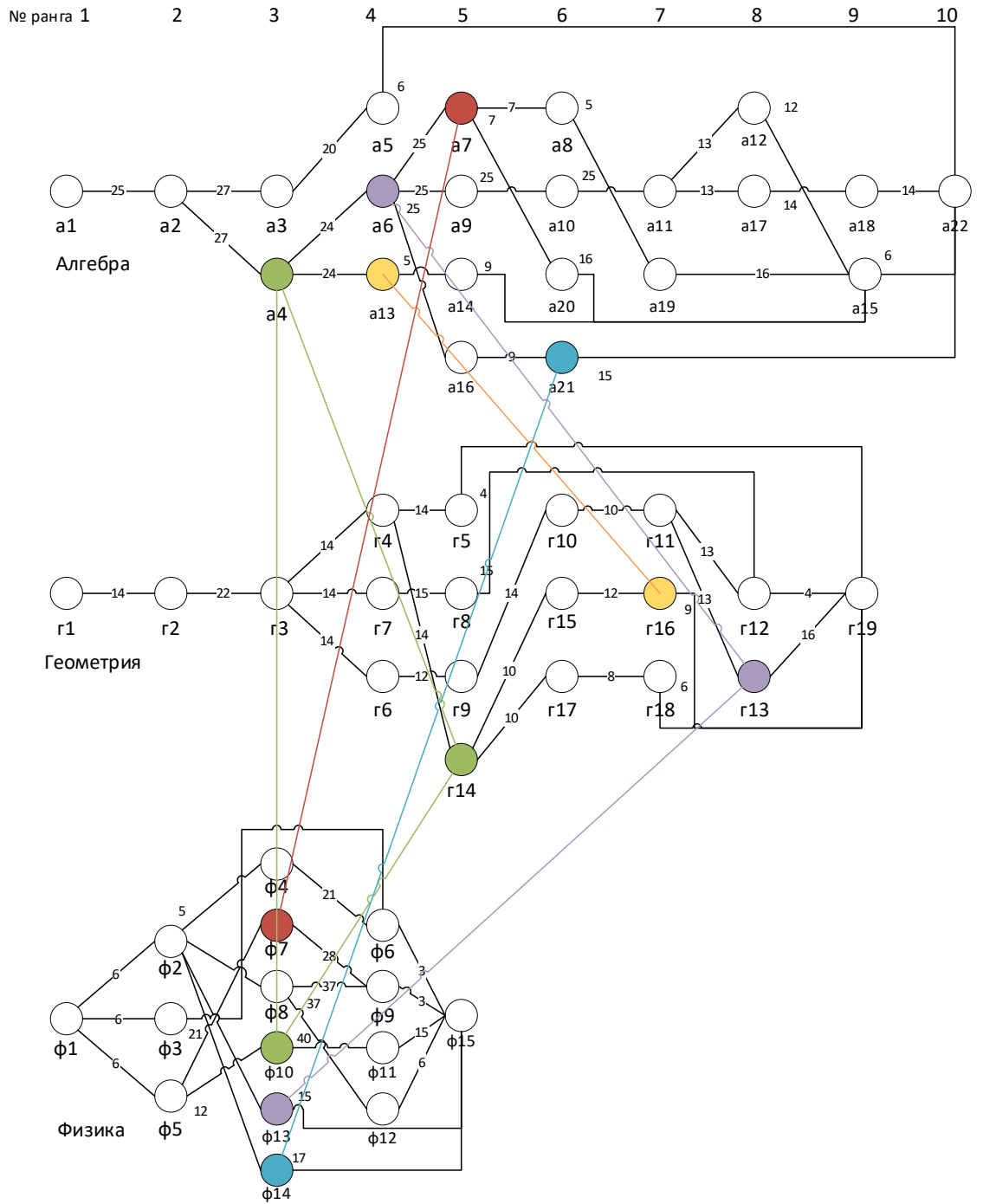


Рисунок 10. Отображение цветовой индикацией междисциплинарных связей на сетевом графике

Полученная модель, с учетом междисциплинарных связей, представляет собой сетевой график, который по своей сути является набором комбинаций расположения тем выбранных дисциплин. На этой основе можно составить

рабочую программу по дисциплинам, используемым в исследовании. Темы отображены кругами, а связи с временными затратами на изучение тем - линиями. При моделировании образовательного процесса методом сетевого графика появляются варианты изучения тем. Эти варианты изучения тем обусловлены внутрипредметными связями. Так как в нашей модели объединены рабочие программы с 7 по 9 классы, то вариантов изучения тем больше, чем при классическом делении на три класса. При выборе последовательности тем для создания рабочей программы не стоит обращать внимание на сложность темы, которая была заложена при изначальном дроблении на классы, так как есть возможность изменять сложность темы за счет подбора заданий. Также выбор последовательности изучения тем при использовании предложенной модели является сложной задачей по подбору оптимальных цепочек изучения тем. Таким образом, для составления рабочей программы из этой модели необходимо с учетом времени составлять набор тем избранных дисциплин так, чтобы междисциплинарные связи, отмеченные в модели, приходились примерно на один и тот же временной промежуток освоения образовательной программы.

Рассмотрим формирование последовательности изучения тем с учетом междисциплинарных связей и использования результатов моделирования на примере. В его качестве возьмем междисциплинарную связь тем из алгебры «Координаты и графики, функции», геометрии «Векторы» и раздел физики «Механические явления», которые связаны друг с другом междисциплинарной связью. Эта связь обозначена на схеме, получившейся в результате моделирования, зеленым цветом на Рисунке 10. Первым шагом распределения последовательности тем при изучении предметов станет самая первая тема, обозначенная на модели, так как она определена как начальная тема изучения во всех предметах. Второй темой для алгебры станет «Алгебраические выражения», для геометрии тема «Треугольники», при этом для физики появляется первая возможность выбора. Чтобы минимизировать варианты перебора последовательностей изучения тем, рассчитаем кратчайшие затраты времени на освоения выделенных в модели зеленым цветом тем с междисциплинарными

связями. Такой подход к сведению по времени освоения тем обусловлен возможностью, предоставляемой сетевым графиком, выбора пути последовательности тем. Для этого необходимо знать минимальное количество тем для достижения необходимой темы, которая включена в междисциплинарную связь. В том случае, когда возникает временное расхождение освоения тем, имеющих междисциплинарную связь, согласно предложенной нами модели, можно заполнить свободные временные промежутки (недостающее количество часов) другими темами, чтобы достичь необходимого согласования. Однако необходимо учитывать, что прерывать последовательность изучения тем, отраженную на сетевом графике, до темы, которая имеет связи с темой самого правого круга, нежелательно, так как будет нарушена внутриспредметная связь тем. Для алгебры кратчайший путь до темы «Координаты и графики, функции» составит 52 часа, для темы «Векторы» геометрии составит 64 часа и для раздела физики «Механические явления» кратчайший путь составит 18 часов [51, 52].

Так как мы рассчитали необходимое кратчайшее время для изучения тем, а самое большое из них получилось в геометрии, то необходимо расставить последовательность изучения тем в предметах таким образом, чтобы выбранные темы изучались примерно в один и тот же временной промежуток школьной программы. Запишем кратчайшую последовательность тем для геометрии, так как на нее затрачивается наибольшее время. Выглядит она следующим образом: «Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин», «Треугольники», «Параллельные прямые, сумма углов треугольника», «Окружность и круг, геометрические построения» и «Векторы» [51].

Следующим предметом, для которого необходимо выбрать последовательность, является алгебра, так как, согласно модели, время на изучение тем в этом предмете второе по продолжительности. Необходимо учитывать, что тему геометрии «Векторы» по программе будут проходить в течение 10 часов, значит, временные рамки для алгебры будут ограничены с 64 часов до 74 часов. Если принять во внимание то, сколько изучается тема алгебры «Координаты и графики, функции», а именно 24 часа, то кратчайший путь

найденный для алгебры, соответствует, так как на момент завершения изучения темы алгебры пройдет 76 часов, что на 2 часа больше, чем окончание изучения темы геометрии и, следовательно, эти темы пересекаются.

Для физики последовательность разделов, согласно таблице результатов моделирования, получилась такой: «Физика и её роль в познании окружающего мира», «Движение и взаимодействие тел», «Работа и мощность, энергия» и «Механические явления». Разделы до темы «Механические явления» в сумме дают 39 часов, и сам раздел изучается в течение 40 часов, что в сумме дает 79 часов, которые укладываются во временные рамки. Итогом поиска оптимальных комбинаций тем, схожих по временным затратам, станет использования этих цепочек из тем для формирования части последовательности изучения тем. Для алгебры начало учебного года начнется с тем: «Числа и вычисления, рациональные числа», «Алгебраические выражения» и «Координаты и графики, функции», для геометрии: «Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин», «Треугольники», «Параллельные прямые, сумма углов треугольника», «Окружность и круг, геометрические построения» и «Векторы», для физики: «Физика и её роль в познании окружающего мира», «Движение и взаимодействие тел», «Работа и мощность, энергия» и «Механические явления» [52].

Рассмотрим вторую междисциплинарную связь тем: в алгебре «Числа и вычисления, квадратные корни», геометрии – «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» и в физике – раздела «Световые явления». Для этого примера так же, как и в предыдущем примере, рассчитаем кратчайшие пути изучения, чтобы найти временные затраты и выбрать набор тем для реализации согласования их по времени. Для алгебры кратчайший путь составит 76 часов и 25 часов на изучение темы, для геометрии 89 часов и 16 часов для изучения темы и для физики кратчайший путь составит 11 часов и 15 часов на изучение темы. Если темы в алгебре и геометрии согласованы, и разница во времени изучения тем составит 4 часа, то для физики необходимо добавить дополнительные темы, которые позволят набрать необходимое количество

времени, чтобы синхронизировать изучение тем в физике с временем изучения тем геометрии и алгебры. Для этого необходимо для последовательности тем физики сформировать дополнительный набор тем, который будет изучен до оптимального пути и займет то количество времени, которое необходимо для временного согласования трех дисциплин [51].

Третья междисциплинарная связь установлена между из тем «Функции, основные понятия» и «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей». В данном случае кратчайший путь до освоения темы «Функции, основные понятия» составляет 76 часов и еще 5 часов до конца изучения темы, для темы «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей» геометрии минимальный путь составляет 86 часов и на освоение необходимо 9 часов. Для данного примера междисциплинарной связи повторяется вариант несогласованности тем, который был описан выше, когда, учитывая расположения и последовательность тем, отраженные в модели, складывается ситуация маловероятной возможности согласования тем, так как разница между окончанием изучения тем по алгебре и геометрии составит 5 часов. Однако, учитывая количество часов в неделю по алгебре и геометрии, такая относительно небольшая разница все же может быть скомпенсирована [51].

Четвертой междисциплинарной связью соединены тема алгебры «Числа и вычисления, степень с целым показателем» и раздел физики «Тепловые явления». Для этого примера кратчайшие трудозатраты по времени составят 101 час и 7 часов на изучение темы по алгебре, а для раздела физики кратчайший путь займет 18 часов и 28 часов на изучение темы. Для данного примера разница во времени составляет 55 часов. Поэтому для согласования этих тем необходимо в физике включить дополнительные темы, которые в общей сложности попадут в промежуток времени до 62 часов с учетом изучения темы в алгебре за 7 часов (55+7). Однако для проведения такого согласования этих тем необходимо проводить отдельное исследование, поскольку подбор дополнительных тем

зависит от многих факторов, которые невозможно рассмотреть в рамках нашего исследования [51, 52].

Рассмотрим последнюю, пятую, междисциплинарную связь в нашем исследовании, которая включает в себя тему алгебры «Числовые последовательности» и раздел физики «Квантовые явления». Кратчайший путь до темы «Числовые последовательности» составил 110 часов и 15 часов на освоение темы, а для раздела физики «Квантовые явления» составит 11 часов, и на освоение этого раздела необходимо 17 часов. Точно так же, как и в четвертом примере междисциплинарной связи, рассмотренной ранее, временной разрыв между темами большой и составляет около 100 часов. Для решения данной проблемы необходимо поступить так же: подобрать дополнительные компенсирующие темы [51, 52].

Составленная таким образом рабочая программа позволит исключить дополнительную нагрузку на учителей образовательных организаций, для самих же обучающихся формирование такой рабочей программы предоставит возможность получить междисциплинарное представление о явлениях, которые могут быть описаны разными дисциплинами. Таким образом, это будет способствовать формированию целостной картины мира у обучающихся. Такая кибернетическая модель междисциплинарных связей является универсальной и может быть применена к образовательному процессу на различных возрастных уровнях, а также может включать в себя неограниченное количество дисциплин. Однако, как говорилось ранее, сложность моделирования значительно возрастает с увеличением количества дисциплин. Так, при добавлении к выбранным для нашего исследования алгебры, геометрии и физики, например истории или географии, представляется возможным с помощью предлагаемой нами модели построить рабочую программу, сочетающую в себе эти предметы, что позволит обучающимся построить более полную научную картину мира с привлечением социально-гуманитарной области знания, что расширит представления обучающихся о мире и взаимодействии с ним человека.

Метод сетевых графиков, применяемый к образовательному процессу, имеет ряд особенностей, которые необходимо отметить. Первой особенностью является сложность в графическом отображении междисциплинарных связей. Есть несколько способов визуально на графике отобразить междисциплинарные связи, и каждый из способов не оптимален, так как имеет ограничения в детализации и возможности восприятия.

Второй особенностью этого метода применительно к нашему исследованию является выбранный материал для анализа. Для нашего исследования это работа на уровне тем из рабочих программ, однако это не является ограничением самого метода, поэтому для работы можно выбрать любую образовательную программу.

Междисциплинарные связи в образовательном процессе после применения нашей модели для составления рабочей программы по всем дисциплинам позволят перейти еще на один шаг ближе к метадисциплинарному обучению, которое должно интегрировать в себя не только изучение учебных предметов, но и присоединить воспитательный комплекс, включающий ценности, морально-этические нормы, правила поведения в обществе и т.д. Иными словами, содержание образования может предоставлять единый образовательный контент, который не делится на учебные предметы или иные формы классификации элементов образовательного процесса. Хотя на данный момент подобная интеграция не реализована, современные зарубежные и отечественные исследователи работают в этом направлении.

2.3. Оптимизация кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования

Для реализации кибернетического моделирования необходимо представить образовательный процесс в форме, удобной для анализа информационными технологиями. Для этого необходимо не только составить усредненную таблицу педагогического процесса с точки зрения сетевого графика, но также выявить

связи дидактических единиц, благодаря которым появилась бы возможность систематизировать порядок подачи материала. Для того чтобы траектории выбранных тем в представленной модели могли эффективно решать проблему междисциплинарных связей, необходимо цветовыми индикаторами на модели представить их и построить траектории тем в дисциплинах таким образом, чтобы на временной последовательности тем в разных дисциплинах одинаковые цвета находились рядом. Это возможно при ручном составлении подобной модели, при этом стоит уточнить, что для выбранных нами трех дисциплин ручное формирование займет слишком длительное время: ранее в нашем исследовании было показано, что добавление одной дисциплины приводит к усложнению решения задачи в геометрической прогрессии.

Для упрощения решения такой работы необходимо использовать информационные технологии, и самой перспективной из них для нас видится технология нейросетей, которая работает с большими объемами информации и выполняет с ними манипуляции сравнения и категоризации [76]. Для нашего исследования технологию нейросетей необходимо применить в момент отбора данных для моделирования и возложить на эту технологию работу по моделированию. Результаты же работы технологии нейросетей смогут проанализировать специалисты-педагоги. Сама технология нейросетей не способна на сегодняшний момент дать один достоверно правильный вариант, а предоставляет набор вариантов, удовлетворяющих исходный запрос, то есть технология нейросетей создаст различные комбинации связей тем, и только специалисту необходимо будет доработать модель, при этом неоспоримой пользой является то, что вся рутинная работа будет отдана алгоритму технологии нейросетей [44]. Алгоритм технологии нейросетей, в отличие от алгоритмов, написанных программистами, является самоопределяющимся, то есть алгоритм нейросети вначале сам ищет схожие паттерны в анализируемом материале, и подобный машинный поиск связей отличен от привычного человеческого мышления, так как способен указать на неочевидные связи, которые могут привести к новым открытиям.

Для реализации работы технологии нейросетей необходимо провести два этапа работы, касающиеся педагогических аспектов исследования; работа же самой нейросети и ее механизмы лежат за пределами педагогики, поэтому они не будут рассмотрены в рамках нашего исследования. Первое, что необходимо предоставить, это полная детализация образовательного процесса, а именно расшифровка дисциплин, тем, фреймов и всей сопутствующей информации. Второе – провести контроль работы технологии нейросети на начальном этапе. Если с предоставлением данных для работы алгоритма не может возникнуть вопросов, так как этот процесс схож с набором данных для ручного моделирования, то со вторым и определяющим этапом необходимо дать дополнительные уточнения. Задачей второго этапа подготовки работы технологии нейросетей со стороны педагогической составляющей является отслеживание первых моделей, созданных технологией нейросетей, на достоверность и адекватность педагогической теории. На этом этапе алгоритмы технологии нейросетей, находя закономерности, не смогут представить четкого варианта решения задачи, поскольку алгоритм технологии нейросетей имеет установку на начальных данных и правилах работы с этими данными. Иными словами, технология нейросетей пользуется методом интерпретации начальных данных, однако не определяет сами принципы связей этих данных, поэтому этот этап должен быть выполнен с профессиональным педагогом-исследователем, проводящим «настройку» по первым результатам работы технологии нейросетей, которые не имеют отношения к педагогике. В результате этих работ будет получен инструмент, который сможет представить множество моделей. Специалисты-педагоги смогут проанализировать и на их основе построить полную модель для образовательного процесса [4].

Теоретическое обоснование работы нейросетей строится на принципах общей алгебры и системы аксиом фон Неймана — Бернаиса — Геделя, в которых определяются важные для математики понятия категории, класса и т. д. [104].

Технология больших данных также может повысить качество моделирования при использовании технологии нейросетей [5]. Повышение

качества работы технологии нейросетей может быть достигнуто за счет использования основного назначения технологии больших данных, а именно обработки больших массивов статистики и правильной их каталогизации. Это позволит создать обратную связь между созданными моделями с помощью технологии нейросетей и реальным результатом их работы на практике. Технология больших данных при таком использовании может собирать статистику из всех образовательных организаций, где используются результаты работы технологии нейросетей, и отражать динамику влияния нововведений, а также обобщать или детализировать статистику для нахождения проблемных или спорных решений примененных нововведений [9]. Использование подобной технологии является комплексным вопросом, требующим отдельного рассмотрения необходимой статистики. В нашем исследовании рассматриваются только необходимые особенности применения технологии больших данных в образовательном процессе – в содержании образования.

2.4. Апробация модели и методические рекомендации для учителей средней школы

Очевидный вопрос, который возникает после описания создания кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования, - каким образом учитель может применить ее на практике в преподавании одного из предметов, алгебры, геометрии или физики, какова эффективность ее применения в повышении качества образования?

В нашем исследовании мы не ставим целью изменение содержания образования, однако показываем, что синхронизированное по времени изучение ряда тем, связанных на междисциплинарном уровне, на уроках алгебры, геометрии и физики будет способствовать расширению представлений обучающихся о мире, созданию более гармоничной естественно-научной картины

мира по сравнению с тем, когда такое совместное изучение тем не проводилось бы.

Практическое же внедрение представленной нами модели имеет некоторые сложности. У учителей не всегда есть возможность переставить в рабочей программе темы таким образом, чтобы согласовать их одновременное изучение во всех трех дисциплинах (достаточно хотя бы одной причины: отсутствие одного из учителей-предметников и организация замены его занятий проведением уроков по другим дисциплинам, даже «соседствующим» в нашей модели). В связи с этим апробировать модель было предложено через проведение анкетирования среди учителей, ведущих занятия по алгебре, геометрии и физике в рамках основного общего образования, а также представителей администрации образовательных организаций, имеющих в своей компетенции возможность оценки рабочих программ по указанным предметам с целью определения эффективности нашей модели с точки зрения повышения качества образования.

Такое знакомство с кибернетической моделью установления междисциплинарных связей в содержании образования по отобранным нами предметам позволяет учителям оценить эффективность сопоставления содержания дисциплин в тех темах, для которых установлены междисциплинарные связи, и обсудить с коллегами, на каком уровне можно было бы построить объяснение с использованием понятий из «смежных» дисциплин.

С этой целью в рамках исследования нами было проведено анкетирование среди 1934 учителей всех субъектов Российской Федерации. Анкетирование проводилось на платформе Яндекс.

Для этого учителям алгебры, геометрии и физики, ведущим предмет на уровне основного общего образования в образовательных организациях, было предложено ответить на следующие вопросы.

Ниже приводится текст анкеты.

Уважаемый коллега!

Предлагаемая Вам анкета предназначена для выявления Вашего мнения о необходимости и возможности усиления межпредметных связей между алгеброй, геометрией и физикой в средних классах для повышения качества усвоения учебного содержания.

Ваше участие в опросе окажет существенную помощь в разработке предложений, направленных на поддержку повышения качества общего образования в России. Будем благодарны Вам за участие в этом опросе.

Анкета анонимная, результаты опроса будут использованы только в обобщенном виде.

Инструкция по заполнению анкеты

При заполнении анкеты просьба дать ответы на все вопросы без пропусков.

Каждый пункт анкеты помимо вопроса содержит предлагаемые варианты ответов на него. Выбрав вариант ответа, отметьте его.

Часть вопросов предусматривает выбор только одного ответа. Но есть вопросы, в которых специально оговаривается возможность выбора нескольких ответов. При этом количество ответов не должно превышать количество, указанное в вопросе.

Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Координаты и графики, функции» с темой геометрии «Векторы» и разделом физики «Движение и взаимодействие тел».

Да, это повысит качество усвоения учебного содержания

Нет, пострадает последовательность изложения материала в физике

Нет, пострадает последовательность изложения материала в алгебре

Нет, пострадает последовательность изложения материала в геометрии

Такая синхронизация невозможна

Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Координаты и графики, функции», темой геометрии «Векторы» и разделом физики «Движение и взаимодействие тел», чтобы показать ученикам взаимосвязь между ними

Да, это необходимо

Это необходимо на уроках физики

Это необходимо на уроках алгебры

Это необходимо на уроках геометрии

В этом нет необходимости

Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Числа и вычисления, квадратные корни» и тему геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников».

- Да, это повысит качество усвоения учебного содержания
- Нет, пострадает последовательность изложения материала в алгебре
- Нет, пострадает последовательность изложения материала в геометрии
- Такая синхронизация невозможна
- Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Числа и вычисления, квадратные корни» и темой геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников».

- Да, это необходимо
- Это необходимо на уроках алгебры
- Это необходимо на уроках геометрии
- В этом нет необходимости
- Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» и раздел физики «Световые явления».

- Да, это повысит качество усвоения учебного содержания
- Нет, пострадает последовательность изложения материала в физике
- Нет, пострадает последовательность изложения материала в геометрии
- Такая синхронизация невозможна
- Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» и разделом физики «Световые явления».

- Да, это необходимо
- Это необходимо на уроках физики
- Это необходимо на уроках геометрии
- В этом нет необходимости
- Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Числа и вычисления, степень с целым показателем» и раздел физики «Тепловые явления».

Да, это повысит качество усвоения учебного содержания
 Нет, пострадает последовательность изложения материала в физике
 Нет, пострадает последовательность изложения материала в алгебре
 Такая синхронизация невозможна
 Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Числа и вычисления, степень с целым показателем» и разделом физики «Тепловые явления».

Да, это необходимо
 Это необходимо на уроках физики
 Это необходимо на уроках алгебры
 В этом нет необходимости
 Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Функции, основные понятия» и тему геометрии «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей».

Да, это повысит качество усвоения учебного содержания
 Нет, пострадает последовательность изложения материала в геометрии
 Нет, пострадает последовательность изложения материала в алгебре
 Такая синхронизация невозможна
 Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Функции, основные понятия» и темой геометрии «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей».

Да, это необходимо
 Это необходимо на уроках алгебры
 Это необходимо на уроках геометрии
 В этом нет необходимости
 Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Числовые последовательности» и раздел физики «Квантовые явления».

Да, это повысит качество усвоения учебного содержания
 Нет, пострадает последовательность изложения материала в физике
 Нет, пострадает последовательность изложения материала в алгебре
 Такая синхронизация невозможна
 Затрудняюсь с ответом

Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Числовые последовательности» и разделом физики «Квантовые явления».

Да, это необходимо
Это необходимо на уроках физики
Это необходимо на уроках алгебры
В этом нет необходимости
Затрудняюсь с ответом

Немного о Вас

Стаж Вашей педагогической деятельности

5 лет и менее
От 5 лет до 10 лет
От 11 лет до 20 лет
Свыше 20 лет

Ваша должность:

Директор образовательной организации
Заместитель директора
Учитель
Методист

Классы, в которых Вы ведете обучение (выберите все подходящие ответы):

5–9 классы
10–11 классы

Преподаваемые Вами в школе предметы (выберите все подходящие ответы):

Алгебра
Геометрия
Физика
Другие предметы

В каком населенном пункте расположена Ваша образовательная организация?
(Одиночный выбор)

Село (поселок)
Город

В каком регионе расположена Ваша образовательная организация? (Выпадающий список)

Республика Адыгея (Адыгея)
Республика Башкортостан
Республика Бурятия
Республика Алтай
Республика Дагестан
Республика Ингушетия
Кабардино-Балкарская Республика
Республика Калмыкия
Карачаево-Черкесская Республика
Республика Карелия
Республика Коми
Республика Марий Эл
Республика Мордовия
Республика Саха (Якутия)
Республика Северная Осетия — Алания
Республика Татарстан (Татарстан)
Республика Тыва
Удмуртская Республика
Республика Хакасия
Чеченская Республика
Чувашская республика — Чувашия
Алтайский край
Краснодарский край
Красноярский край
Приморский край
Ставропольский край
Хабаровский край
Амурская область
Архангельская область
Астраханская область
Белгородская область
Брянская область
Владимирская область
Волгоградская область
Вологодская область
Воронежская область
Ивановская область
Иркутская область
Калининградская область
Калужская область
Камчатский край

Кемеровская область — Кузбасс
Кировская область
Костромская область
Курганская область
Курская область
Ленинградская область
Липецкая область
Магаданская область
Московская область
Мурманская область
Нижегородская область
Новгородская область
Новосибирская область
Омская область
Оренбургская область
Орловская область
Пензенская область
Пермский край
Псковская область
Ростовская область
Рязанская область
Самарская область
Саратовская область
Сахалинская область
Свердловская область
Смоленская область
Тамбовская область
Тверская область
Томская область
Тульская область
Тюменская область
Ульяновская область
Челябинская область
Забайкальский край
Ярославская область
Город федерального значения Москва
Город федерального значения Санкт-Петербург
Еврейская автономная область
Ненецкий автономный округ
Ханты-мансийский автономный округ — Югра
Чукотский автономный округ
Ямало-ненецкий автономный округ
Запорожская область
Республика Крым

Город федерального значения Севастополь
 Донецкая Народная Республика
 Луганская Народная Республика
 Херсонская область
 Иные территории, включая город и космодром Байконур

В результате были получены 1934 ответа. Преимущественно ответы были получены из регионов (Таблица 28):

Таблица 28. Результаты опроса по субъектам Российской Федерации

Субъект Российской Федерации	Количество ответов	%
Белгородская область	476	24.6%
Республика Коми	248	12.8%
Смоленская область	200	10.3%
Город федерального значения Санкт-Петербург	137	7.1%
Рязанская область	135	7.0%
Карачаево-Черкесская Республика	129	6.7%
Ярославская область	109	5.6%
Камчатский край	102	5.3%
Республика Ингушетия	87	4.5%
Алтайский край	77	4.0%
Архангельская область	34	1.8%
Приморский край	30	1.6%
Орловская область	29	1.5%
Кабардино-Балкарская Республика	20	1.0%
Ульяновская область	20	1.0%
Ивановская область	17	0.9%
Ленинградская область	15	0.8%
Забайкальский край	15	0.8%
Калининградская область	14	0.7%
Еврейская автономная область	14	0.7%
Курганская область	4	0.2%
Владимирская область	3	0.2%
Пермский край	3	0.2%
И другие регионы		

По несколько ответов также были получены из других регионов и городов федерального значения.

Из всех участников 52.4% работают в городских образовательных организациях, 47.6% - в сельских (поселковых) (Рисунок 11).



Рисунок 11. Диаграмма распределения по городским и сельским (поселковым) образовательным организациям, где синий — это городские образовательные организации, а оранжевый – это сельские (поселковые) образовательные организации

Выборка может считаться репрезентативной, так как включает представителей различных регионов страны. Кроме того, на 2021/2022 учебный год количество всех учителей составило 1083,4 тыс. человек [81]. Если уточнить, что анкетирование проводилось среди учителей алгебры, геометрии и физики, а также представителей администрации, работающих в основной и средней школе (соответственно, были исключены учителя начального общего образования и в минимальном количестве были представлены другие учителя-предметники), можно считать, что выборка в количестве 1934 человека составила более 0.1%.

Проведение обратной связи было организовано через электронную почту, однако однозначность формулировок не вызвала дополнительных вопросов у респондентов.

Анализ анкеты показывает, что 63.3% опрошиваемых учителей имеют стаж свыше 20 лет; от 11 лет до 20 лет - 15.0%; от 5 лет до 10 лет - 10.3%; 5 лет и менее - 11.3% (Рисунок 12).

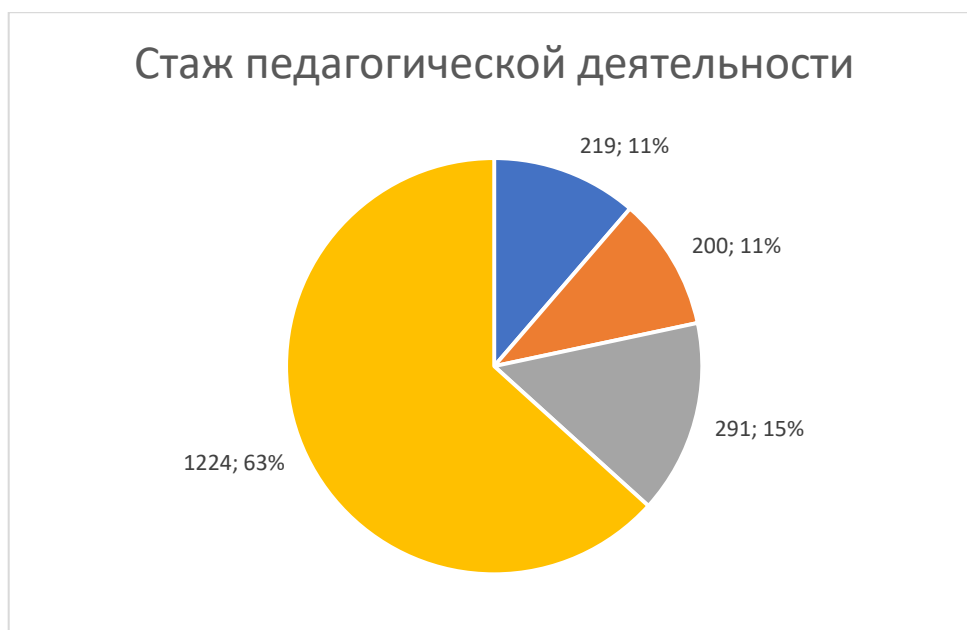


Рисунок 12. Диаграмма стажа работы в образовательных организациях согласно результатам опроса, где синий – стаж до 5 лет, оранжевый – от 5 до 10 лет, серый – от 11 до 20 лет и желтый – от 20 и более

В основном, ответы присылали учителя – 93.5% и методисты – 1%, однако участие в анкетировании приняли и представители администрации образовательных организаций: директора – 1.4% и их заместители – 4.1% (Рисунок 13).

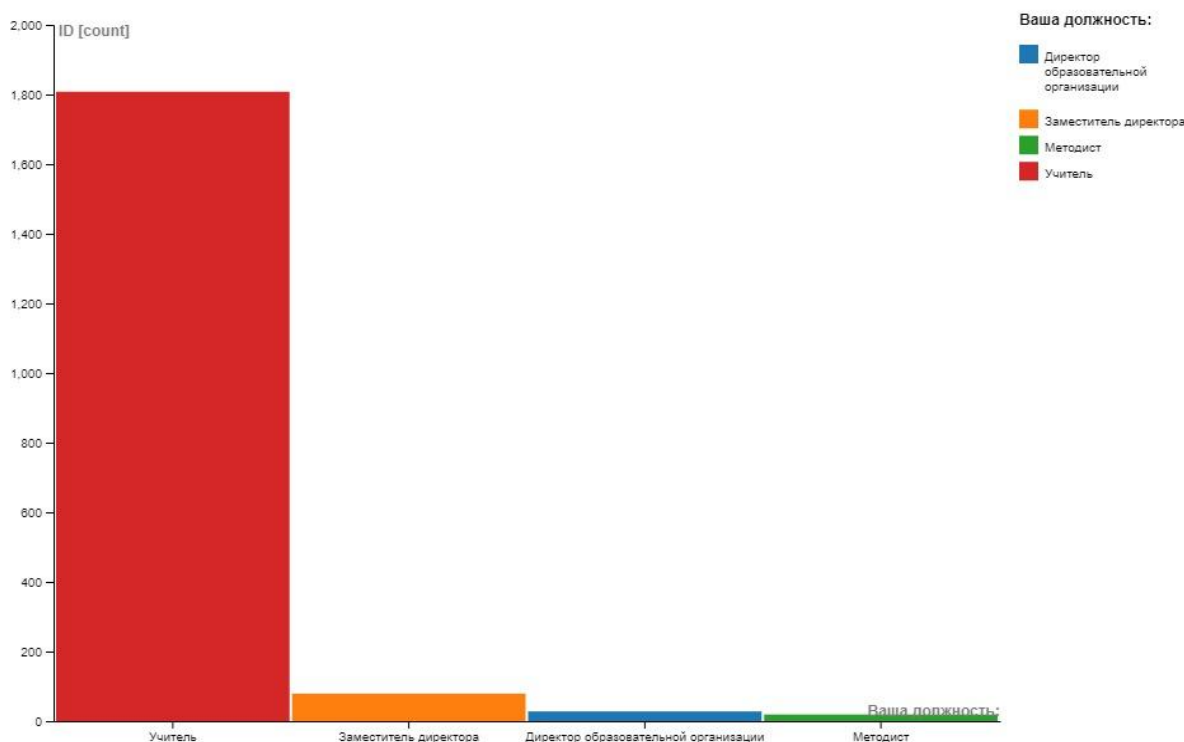


Рисунок 13. Диаграмма участников анкетирования по занимаемой должности

В анкетировании представлены учителя-предметники, ведущие занятия в 5–9 классах - 61.2%, 10–11 классах - 38.8% (всего 3013 ответов, так как учителя могли выбирать две категории); преподающие алгебру - 36.9%, геометрию - 36.3%, физику - 17.7% (и другие предметы – 9,1%, всего 4022 ответов, так как в данном вопросе был предусмотрен выбор всех подходящих ответов) (Рис. 14, 15).



Рисунок 14. Диаграмма распределения по классам по результатам анкетирования, где синий – 5-9 классы и оранжевый - 10-11 классы

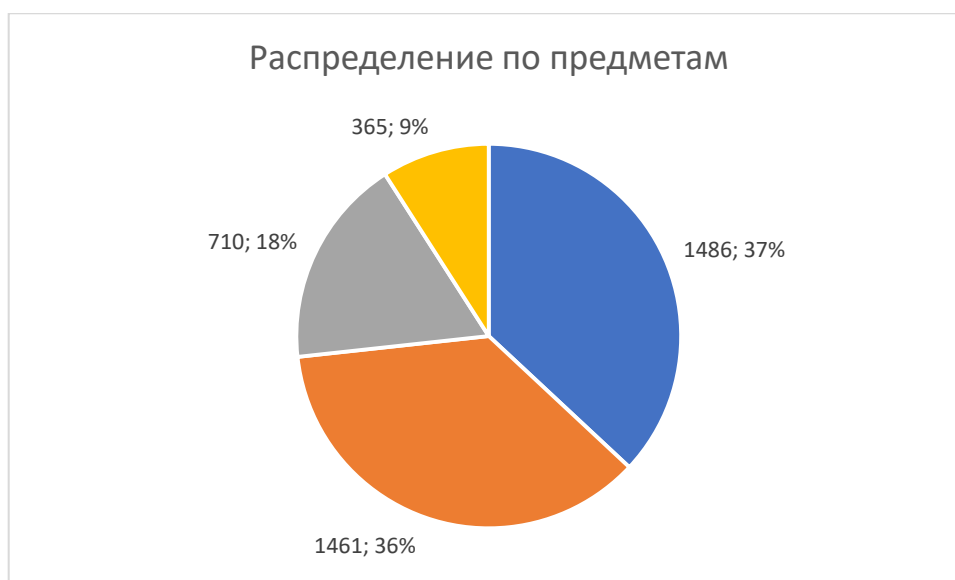


Рисунок 15. Диаграмма распределения по предметам по результатам исследования, где синий – алгебра, оранжевый – геометрия, серый – физика и желтый – другие предметы

Представим результаты анкетирования. Ниже, в Приложении Г, приведены диаграммы распределения ответов на вопросы анкетирования по возрасту, строки соответствуют выбору ответа в анкете.

При анализе результатов анкетирования основным параметром анализа результатов стал педагогический стаж респондентов, так как этот критерий в подобном анкетировании позволяет представить то, насколько учитель, проходящий анкетирование, вовлечен в педагогический процесс, и такой подход к оцениванию результатов является усредненным и не исключает редких событий, выходящих за представление о норме, которая для нашего анкетирования предполагается как ожидания прямой зависимости от педагогического стажа, а также вовлеченности в педагогический процесс опрашиваемым учителем. Результаты анкетирования были разделены на 4 группы по педагогическому стажу на группы: первая группа «5 лет и менее», вторая группа «От 5 лет до 10 лет», третья группа «От 5 лет до 10 лет» и четвертая группа «Свыше 20 лет».

Результатами ответов на первый вопрос «Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Координаты и графики, функции» с темой геометрии «Векторы» и разделом физики «Движение и взаимодействие тел»» стал ответ во всех группах «Да, это повысит качество усвоения учебного содержания» и составил для первой группы 53.42%, для второй группы 53% ответов, для третьей группы 60.48% ответов и для четвертой группы 64.05% ответа (Приложение Г, Рисунок 16).

Для второго вопроса «Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Координаты и графики, функции», темой геометрии «Векторы» и разделом физики «Движение и взаимодействие тел», чтобы показать ученикам взаимосвязь между ними» среди всех групп большинство ответило «Да, это необходимо» и составил 57.08% ответов для первой группы, 54% ответов для второй группы, 55.67% ответов для третьей группы и 64.22% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 17).

По третьему вопросу «Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Числа и вычисления, квадратные корни» и тему

геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников»» ответ всех групп был «Да, это повысит качество усвоения учебного содержания» и составил 32.88% ответов для первой группы, 40% ответов для второй группы, 37.8% ответов для третьей группы и 42.97% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 18).

На четвертый вопрос «Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Числа и вычисления, квадратные корни» и темой геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников»» был дан ответ всех групп «Да, это необходимо» и составил 33.79% ответов для первой группы, 37.5% ответов для второй группы, 39.18% ответов для третьей группы и 42.24% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 19).

На пятый вопрос «Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» и раздел физики «Световые явления»» ответ всех четырех групп был «Затрудняюсь с ответом» и составил 43.84% ответов для первой группы, 45.5% ответов для второй группы, 44.67% ответов для третьей группы и 39.79% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 20).

На шестой вопрос «Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой геометрии «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» и разделом физики «Световые явления»» первая, вторая и третья группы выбрали ответ «Затрудняюсь с ответом», а четвертая группа - ответ «Да, это необходимо», что составило 37.9% ответов для первой группы, 39% ответов для второй группы, 34.71% ответов для третьей группы и 32.76% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 21).

На седьмой вопрос анкетирования «Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Числа и вычисления, степень с целым показателем» и раздел физики «Тепловые явления»» группы первая, вторая и третья ответили «Затрудняюсь с ответом», а четвертая группа дала положительный ответ, что составило 46.58% ответов для первой группы, 41.5%

ответов для второй группы, 43.64% ответов для третьей группы и 37.75% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 22).

Восьмой вопрос «Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Числа и вычисления, степень с целым показателем» и разделом физики «Тепловые явления»» вызвал затруднения с ответом в первой, второй и третьей группах, а четвертая группа ответила «Да, это необходимо». В процентном соотношении ответы составили («Затрудняюсь ответить») 39.73% ответов для первой группы, 36% ответов для второй группы, 34.36% ответов для третьей группы и 32.76% ответов («Да, это необходимо») для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 23).

Девятый вопрос «Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Функции, основные понятия» и тему геометрии «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей»» для всех групп ответ «Затрудняюсь с ответом» стал наиболее предпочтительным и составил 39.27% ответов для первой группы, 29.5% ответов для второй группы 34.71% ответов для третьей группы и 29.33% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 24).

В десятом вопросе «Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Функции, основные понятия» и темой геометрии «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей»» для всех четырех групп ответ «В этом нет необходимости» стал наиболее часто выбираемым и составил 35.16% ответов для первой группы, 40.5% ответов для второй группы, 36.08% ответов для третьей группы и 39.79% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 25).

На одиннадцатый вопрос «Считаете ли Вы необходимым синхронизировать по времени тему алгебры «Числовые последовательности» и раздел физики «Квантовые явления»» самым часто выбираемым вариантом ответа среди всех четырех групп был «Затрудняюсь с ответом» и составил 50.68% ответов для первой группы, 54% ответов для второй группы, 55.67% ответов для третьей группы и 48.77% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 26).

И на последний двенадцатый вопрос «Считаете ли Вы необходимым проводить на уроках параллели между темой алгебры «Числовые последовательности» и разделом физики «Квантовые явления»» так же, как и в случае с предыдущим вопросом, самым популярным ответом среди всех групп стал «Затрудняюсь с ответом» и составил 42.47% ответов для первой группы, 44.5% ответов для второй группы, 43.3% ответов для третьей группы и 39.95% ответов для четвертой группы (Приложение Г, Рисунок 27).

По итогам анкетирования был сделан еще один важный вывод: при снижении очевидности междисциплинарной связи у педагогов снижается понимание необходимости применения такой междисциплинарной связи. Эту тенденцию показывают выбранные большинством педагогов со стажем работы менее 20 лет ответы «Затрудняюсь ответить» («нет, в этом нет необходимости») на вопросы 5–12. Однако учителя со стажем работы более 20 лет подтвердили необходимость проведения параллелей между темами разных предметов при обучении или синхронизации их изучения по времени.

Таким образом, анализ опроса показывает, что целесообразно информировать педагогов о наличии междисциплинарных связей между учебными предметами для эффективного использования этой информации для пояснений обучающимся в образовательном процессе.

В целом, подытоживая результаты анкетирования, можно сделать вывод: учителя алгебры, геометрии и физики понимают необходимость демонстрации междисциплинарных связей и использования на их основе измененного порядка тем из смежных предметов.

Положительным результатом такого применения они видят внесение корректив при планировании образовательного процесса с целью повышения качества образования за счет оптимизации порядка и согласования тем в разных дисциплинах.

Потенциально сложной является необходимость внесения изменений в рабочую программу (так как согласовывать необходимо не одну, а несколько тем по трем предметам), существенно отличаются также количество часов и глубина

проработки материала по физике в 7 и 8 классах, когда физические явления изучаются, в основном, на качественном уровне или с применением простых формул.

Однако для изучения материала в 9 классе положительных ответов больше, так как подробное изучение нескольких разделов в физике затрагивает более сложные понятия из алгебры и геометрии.

На основании сделанных выводов после обработки результатов анкетирования и результатах моделирования, мы можем предложить некоторые *методические рекомендации для учителей*, реализующих образовательные программы по алгебре, геометрии и физике в рамках основного общего образования (в 7–9 классах).

Предложение данных методических рекомендаций основано на том, что в течение долгого времени наблюдается рассогласованность в изучении материалов по указанным предметам, в то время как синхронизация изучения ряда тем в этих предметах, во-первых, позволит избежать фрагментарности восприятия понятий и феноменов в связи с изучением их отдельных сторон в различных учебных предметах и, во-вторых, позволит обучающимся устанавливать и использовать междисциплинарные связи, обеспечивающие полноту формирования научного мировоззрения на соответствующем уровне при обучении в школе.

В научной, научно-методической литературе по дидактике проблема рассогласованности изучения ряда тем по указанным предметам упоминается, но ее практического решения не предлагается вне контекста изменения содержания образования, поэтому наглядная демонстрация возможной организации образовательного процесса без изменения содержания образования будет способствовать более простому организационно, но эффективному способу изучения ряда тем по математике и физике.

Цель методических рекомендаций – ознакомить учителей с вариантами установления междисциплинарных связей между темами в алгебре, геометрии и физики (7–9 классы) для повышения эффективности образовательного процесса, а

также предоставить варианты записи последовательности изучения ряда тем (разделов), чтобы установление междисциплинарных связей было очевидно для участников образовательного процесса.

Согласно предложенной в п.2.2 модели, установлены темы (разделы) в предметах «Алгебра», «Геометрия» и «Физика» для 7–9 классов, между которыми прослеживаются междисциплинарные связи.

Междисциплинарная связь, установленная между темами из алгебры «Координаты и графики, функции», геометрии «Векторы» и раздела физики «Механические явления», показывает, что в трех учебных дисциплинах используются дидактические единицы, изучение которых в одно и то же время будет способствовать более эффективному их усвоению обучающимися.

Предлагаемая последовательность изучения этих тем в соответствующих дисциплинах, таким образом, выглядит следующим образом: в алгебре сначала изучаются темы: «Числа и вычисления, рациональные числа», «Алгебраические выражения» и «Координаты и графики, функции», в геометрии: «Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин», «Треугольники», «Параллельные прямые, сумма углов треугольника», «Окружность и круг, геометрические построения» и «Векторы», в физике: «Физика и её роль в познании окружающего мира», «Движение и взаимодействие тел», «Работа и мощность, энергия» и «Механические явления».

Следующая междисциплинарная связь может быть установлена между темами: в алгебре «Числа и вычисления, квадратные корни», геометрии - «Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение треугольников» и в физике - раздела «Световые явления». Однако, согласно рабочей программе, изучение соответствующих тем в алгебре и геометрии практически синхронизировано по отводимому времени – около 75–80 часов, в то время как (согласно рабочей программе) в физике раздел «Световые явления» изучается в самом начале программы. Поэтому рекомендуем в физике добавить дополнительные темы, которые позволят набрать необходимое количество

времени, чтобы синхронизировать изучение тем в физике с временем изучения тема геометрии и алгебры.

Междисциплинарные связи могут быть установлены между темами как трех, так и двух дисциплин. Например, в алгебре тема «Числа и вычисления, степень с целым показателем» и в физике «Раздел 6, Тепловые явления»; «Функции, основные понятия» (алгебра) и «Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей» (геометрия), «Числовые последовательности» (алгебра) и раздел физики «Квантовые явления». Во всех случаях в настоящее время имеется существенная несогласованность в изучении тем по времени, которая усложняет восприятие обучающимся междисциплинарных связей.

В результате проведенного исследования можно сделать следующий вывод.

Анкетирование показывает, что учителя понимают важность согласованного изучения тем, установления междисциплинарных связей, и данные рекомендации, являясь одним из организационных способов повышения качества образования, показывают одну из возможностей такого согласования.

Выстроенные нами на основе использования метода кибернетического моделирования последовательности тем могут быть предложены для более прочного и очевидного установления междисциплинарных связей в содержании образования вместо изменения самого содержания образования. Таким образом, показано, что согласование изучения тем, демонстрирующее междисциплинарные связи между ними, возможно организовать без внесения изменений в федеральные основные образовательные программы.

Однако изменение последовательности изучения тем (как в показанных выше примерах) также не всегда можно организовать по ряду многих причин. В таком случае, можно предложить учителям, ведущим уроки по указанным предметам (алгебра, геометрия и физика), посвящать некоторое время на своих уроках объяснению тем из «соседних» учебных дисциплин. Так, учитель физики может подробнее объяснить тему «Векторы» (в 9 классе эта тема изучается на

уроках физики и математики с разницей в несколько недель). Учитель математики – проработать физический смысл зависимости пути от скорости и времени и т. д.

В целом, явная демонстрация междисциплинарных связей в содержании образования школьных предметов способствует формированию более цельной научной картины мира у обучающихся, что является важным этапом гармоничного развития личности обучающегося.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

Представленные методологические основы и предпосылки к применению кибернетического моделирования в педагогике позволяют обосновать применение современных информационных технологий, в частности, больших данных и нейросетей, для выявления междисциплинарных связей в содержании образования. Разработанные ранее идеи междисциплинарности не получили широкого распространения в связи с недостаточным техническим оснащением, необходимым для реализации междисциплинарного образования, кроме того, узкий взгляд педагогической науки на методологию информационного анализа данных требует переосмысления концепций междисциплинарности в педагогике в настоящее время.

Кибернетическое моделирование на момент его разработки не получило должного материально-технического обеспечения в виде развитых вычислительных технологий, однако в настоящее время вычислительные и информационные технологии разработаны в достаточной степени, чтобы кибернетическое моделирование в педагогике стало полезным и удобным инструментом для дальнейшего развития педагогической науки. Разработанная нами модель на основе кибернетического моделирования и метода сетевых графиков, реализованная без применения информационных технологий, подтверждает теоретическое обоснование нахождения междисциплинарных связей и применения их в образовательном процессе. Показаны перспективы применения информационных технологий, а именно технологии нейросетей и

технологии больших данных, для применения их в кибернетическом моделировании для ускорения работы с большими и сложно категоризованными данными, что будет способствовать более эффективной организации образовательного процесса.

Проведенное анкетирование среди 1934 учителей и представителей администрации образовательных организаций показывает, что учителя в большинстве одобряют предложенную нами модель формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования учебных дисциплин «Алгебра», «Геометрия» и «Физики» (уровень основного общего образования, 7-9 классы), об этом свидетельствуют положительные (более 60%) ответы на вопросы анкеты, предлагающие примеры таких междисциплинарных связей.

На основе исследования и выводов, полученных в результате анкетирования, в разработанных нами методических рекомендациях для учителей показаны способы, содействующие установлению междисциплинарных связей между рядом тем по алгебре, геометрии и разделов в физике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гуманитарная, по сути, педагогическая наука является совокупностью различных теоретических и прикладных наук, описывающих не только обучение, воспитание и развитие личности, но и организационно-управленческую сферу, в которой в современную эпоху возможно применение и уже идет активное использование информационных технологий, относящихся к техническому знанию и теории информации, управления, а также методов, относящихся к этим областям знания.

Наше исследование междисциплинарности само по себе является междисциплинарным, так как находится на границе теории информации и педагогической теории. Объект и предмет исследования относится к педагогике – содержание образования и междисциплинарные связи в нем, тогда как предлагаемый способ (метод) исследования – построение кибернетической модели формирования нахождения междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования – заимствован из области наук об управлении, относящихся к социально-экономической сфере, и имеет строгий математический аппарат. В связи с этим в нашей работе, несмотря на подразумеваемый конечный результат – повышение качества образования – показано, что применение указанного метода позволяет при помощи информационных технологий больших данных, технологии нейросети инструментально упростить и упорядочить поисково-исследовательскую и организационную часть исследования.

Возникающий вопрос о возможности реализации междисциплинарности в содержании образования разрешается при рассмотрении объединения нескольких дисциплин на основе единых или схожих методов и подходов, используемых в этих дисциплинах, и межпредметности как принципа обучения, влияющего на отбор содержания образования.

Применение технологий больших данных и нейросетей в установлении междисциплинарных связей в содержании образования – это лишь часть общих

тенденций по использованию информационно-коммуникационных технологий и информатизации образования.

Анализ научной литературы показывает, что в целом основные тенденции применения современных информационных технологий в образовании прослеживаются в следующих сферах:

- непосредственно в оснащении образовательной организации устройств вычислительной техники и систем телекоммуникации;
- во внедрении новых информационных технологий в педагогические технологии;
- в создании информационной образовательной среды (ИОС) организации;
- в формировании специфической коммуникации субъектов образования в условиях использования информационных технологий и устройств.

Это проявляется в том, что в образовательном процессе появляются дополнительные возможности для педагога в постановке учебных заданий, проведении этапа контроля, создании индивидуальных образовательных траекторий для обучающихся, что способствует дифференциации обучения.

При этом у педагогов появляются возможности проведения занятий с использованием различных программных и мультимедийных средств. Их использование на уроках позволяет повышать мотивацию обучающихся, развивать у них критическое мышление.

Создание условий для развития творческих способностей обучающихся, развития критического мышления способствует повышению мотивации обучающихся к обучению, повышению эффективности итоговой рефлексии.

Однако при этом необходимо отметить, что в проектировании содержания образования информационные технологии пока не нашли своего применения.

Разработанные в прошлом веке теоретико-методологические основы для области педагогики, которая в зарубежных странах получила общее название «кибернетическая педагогика», а в отечественной педагогике эти основы частично представлены в программированном обучении, в свое время не имели возможности быть широко подкрепленными на практике, поскольку материально-

техническое обеспечение не было развито на должном уровне. Современный уровень развития вычислительных устройств и появившихся средств коммуникации - сеть интернет, с которой связано, например, развитие технологии нейросети, позволяют гораздо шире и эффективнее использовать на практике высказанные около семи десятилетий назад идеи кибернетической педагогики.

Высказанные более ста лет назад идеи о междисциплинарности приобрели большую актуальность в современном образовании, когда в постиндустриальном обществе появляется необходимость в профессионалах, обладающих творческим, критическим мышлением, способных найти пути и успешно создать уникальный продукт (или услугу), что является одной из основных характеристик деятельности человека в таком обществе. Появившиеся в недавнем прошлом новые профессии (например, инженер 3D печати, цифровой лингвист, архитектор интеллектуальных систем управления и т.д.), использующие профессиональные компетенции на стыке различных научных дисциплин, являются одним из доказательств необходимости использования междисциплинарности в современном образовании.

Уже в настоящее время такие подходы реализованы на практике. Созданные комплексы дисциплин STEM и HASS позволяют сочетать когнитивные и деятельностные компоненты, относящиеся к разным дисциплинам, в процессе обучения.

Однако создание комплексов дисциплин типа STEM связано с серьезным изменением содержания образования и образовательной программы, что в настоящее время не может быть реализовано в российской системе образования.

Предлагаемый нами вариант установления междисциплинарных связей в содержании образования не требует внесения изменений в содержание образования. Кибернетическое моделирование, использованное нами в исследовании для определения междисциплинарных связей в содержании образования на примере учебных дисциплин «Физика», «Алгебра», «Геометрия», реализовано с использованием метода сетевых графиков. Этот метод заимствован из теории управления и представляет собой динамическую модель

производственных процессов, определяющую и исследующую последовательность выполнения комплекса работ. С помощью этой модели определение междисциплинарных связей упрощается. Такой подход к отбору содержания образования, выявляя и используя междисциплинарность в содержании образования, позволяет достичь необходимого одновременного сочетания когнитивного и деятельностного компонента из разных дисциплин, что позволит дать обучающемуся целостное представление об изучаемых объектах и явлениях, а также позволит подготовить специалиста, обладающего необходимыми для постиндустриального общества компетенциями и творческим и критическим мышлением.

Созданная нами модель была апробирована среди учителей алгебры, геометрии и физики, реализующих программы основного общего образования. Для этого было проведено анкетирование, вопросы которого были связаны с предложениями об установлении междисциплинарных связей, разработанными на основе модели, большинство положительных ответов подтвердили возможность практической реализации модели.

В методических рекомендациях для учителей, составленных по результатам проведенного нами исследования, показаны возможности как установления междисциплинарных связей между различными темами дисциплин в содержании образования, так и способов практического использования на конкретных примерах.

Дальнейший ход исследования связан с дополнением существующей модели образовательного процесса информацией о сформированных вручную междисциплинарных связях и описанием алгоритма дальнейшего моделирования средствами технологии нейросетей и обоснованием применения технологии больших данных в образовании, перенос разработанной нами кибернетической модели на другие учебные предметы и годы обучения вплоть до разработки общей модели содержания общего образования с ее последующей автоматизацией методами информационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 1С: Автоматизированное составление расписания. Университет» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://solutions.1c.ru/asp_univer/features. (дата обращения: 21.05.2021)
2. Анисимова, Т. И. STEAM-образование как инновационная технология для Индустрии 4.0 / Т. И. Анисимова, О. В. Шатунова, Ф. М. Сабирова // Научный диалог. — 2018. — № 11. — С. 322—332.
3. Бабанский, Ю. К. Интенсификация процесса обучения. М.: Знания, — 1987, — 78 с.
4. Бебенина, Е. В. Елкин, О. М. Переосмысление моделирования междисциплинарных связей в педагогике // Педагогика. — 2022. — №9. — С. 37-46.
5. Бебенина, Е. В. Елкин, О. М. Повышение качества управления образованием с использованием технологии обработки больших данных // Отечественная и зарубежная педагогика. — 2020. — №6 (72). — С. 22-29.
6. Блок, М. Апология истории или ремесло историка / пер. Е.М. Лысенко; примеч. и ст. А.Я. Гуревича. М.: Наука, — 1986. — 256 с.
7. Бродель, Ф. История и общественные науки. Историческая длительность // Философия и методология истории: сб. ст. М.: Прогресс, — 1977. — 336 с.
8. Бурцева, Н. М. Межпредметные связи как средство формирования ценностного отношения учащихся к физическим знаниям: дис. канд. пед. наук: 13.00.02. - СПб., 2001. - 230 с.
9. Вихорева, М. В. Подходы ко внедрению индивидуальной образовательной траектории в учебный процесс вузов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2022. — №10-1 (73). — С. 144-147.
10. Вишнякова, С. М. Профессиональное образование. Словарь. Ключевые понятия, термины, актуальная лексика. — М.: НМЦ СПО. —1999 — 535 с.

11. Галактика. Расписание учебных занятий» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://galaktika-it.ru/spb/ruz>. (дата обращения: 21.05.2021)
12. Гвозденко, Ю. В., Ищенко, А. А., Пилипенко, А. В. Большие данные в системе образования // Международный студенческий научный вестник. — 2019. — № 5 (часть 2). Раздел «Педагогические науки» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19731> (дата обращения: 07.07.2019).
13. Гигиенические нормативы и специальные требования к устройству, содержанию и режимам работы в условиях цифровой образовательной среды в сфере общего образования. Руководство. – М.: НМИЦ здоровья детей Минздрава России, — 2020. – 20 с.
14. Гладилина, И. П., Германовна, И. Г. Цифровая трансформация образования: зарубежный и отечественный опыт // Современное педагогическое образование. — 2021. — С. 8-12.
15. Долгая, О. И., Тагунова, И. А., Шапошникова, Т. Д. Междисциплинарные исследования в области образования в Чехии и странах Балтии: верификация гипотез // Проблемы современного образования. — 2018. — № 6. — С. 55-64.
16. Елкин О. М. Использование междисциплинарности в содержании общего образования // Ценности и смыслы. — 2023. — № 2 (84). — С. 116-124.
17. Елкин О. М. Риски и потенциал стремительной информатизации образования в России // Наука и школа. — 2022. — № 4. — С. 75-84.
18. Елкин, О. М. К проблеме использования кибернетического моделирования образовательного процесса // Дистанционное образование: трансформация, преимущества, риски и опыт. - Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, — 2020. — С. 65-69.
19. Елкин, О. М. организация образовательного процесса в современном университете: конкретные решения для комфортной среды // Образовательное

пространство в информационную эпоху. - Москва: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», — 2021. — С. 181-184.

20. Елкин, О. М. Применение современных технологий при формировании индивидуальной образовательной траектории при обучении онлайн // Приоритеты воспитания: историко-культурный поиск и современные практики. - Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет (Воронеж), — 2021. — С. 140-145.

21. Женина, Л. В. Межпредметность, надпредметность, метапредметность как проявление интегративных процессов в образовании // Пермский педагогический журнал. — 2011. — №2. — С. 10-13.

22. Задачи сетевого планирования: учебное пособие / М. А. Плескунов. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, — 2014 — 92 с.

23. Иванова, С. В. Кризис дидактики: отрицать или преодолевать? // Образование и общество. — 2017. — № 4 (105). — С. 8.

24. Иванова, С. В. Междисциплинарность и системный подход как методологические основы исследования образовательного пространства // Отечественная и зарубежная педагогика. — 2022. — Т. 1, № 6 (88). — С. 7–18.

25. Инструкция по составлению расписания учебных занятий, промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) в автоматизированной системе «Расписание учебных занятий» СПбПУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://open.spbstu.ru/wp-content/uploads/2020/04/instruction_schedule.pdf. (дата обращения: 18.05.2021)

26. Как data science улучшит образование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://metkere.com/2015/11/bigdataeducation.html> (дата обращения: 28.04.2020).

27. Как оценить эффективность образования с помощью Big Data? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rb.ru/opinion/effektivnost-obrazovaniya/>(дата обращения: 15.07.2019).

28. Кларин, М. В. Инновационные модели обучения в зарубежных педагогических поисках: дисс. ... док. пед. наук: 13.00.01 / Кларин Михаил Владимирович. М., — 1994. — 365 с.
29. Коджаспирова, Г. М. Коджаспиров, А. Ю Педагогический словарь. — М., —2000. — 176 с.
30. Комарова, Н. М. Развитие кибернетической педагогики в ФРГ, 1960-е - 1990-е годы: дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Комарова, Наталия Михайловна — 1995. — 127 с.
31. Коршунова, Н. Л. Проблема междисциплинарных исследований в области образования // Методология научного исследования в педагогике: коллективная монография / под ред. Р. С. Бозиева, В. К. Пичугиной, В. В. Серикова. — М.: Планета, — 2016. — С. 31–38.
32. Куровская, Ю. Г. Языкознание и когнитивная лингвистика как инструменты анализа особенностей педагогического дискурса // Ценности и смыслы. — 2015. — № 6 (40). — С. 65–77.
33. Мазниченко, Д. В., Попов, А. П., Барыкина, В. А. Проблема «номофобии» в современном обществе // Автономия личности. — 2020г. — №2(22) — С. 49-59.
34. Малышевский, А. Ф. Философско-терминологический словарь. - Калуга: Гриф, — 2004. — 330 с.
35. Межпредметная интеграция в курсе физики: учебно-методическое пособие / авт.-сост. Н. Б. Федорова, О. В. Кузнецова, А. С. Поляков; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, — 2010. – 108 с.
36. Мельникова М. С. Конструирование междисциплинарных модульных программ в системе билингвального образования: дис. канд. пед. наук: 13.00.01. - Великий Новгород, 2008. - 247 с.
37. Научно-технический энциклопедический словарь Электронный ресурс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rus-scientific-technical.slovaronline.com/?ysclid=li25kz0j79231000617> (дата обращения: 26.02.2023)

38. Неволина, И. А. История становления и развития кибернетического подхода в обучении // Исследования в области естественных наук. — 2012. — № 6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://science.snauka.ru/2012/06/687> (дата обращения: 26.02.2023)

39. Никандров, Н. Д. Программированное обучение и идеи кибернетики. - Москва: Наука, — 1970. — 204 с.

40. Новая философская энциклопедия: В 4 томах. Ред. совет: Степин В. С., Гусейнов А. А., Семигин Г. Ю., Огурцов А. П. и др. — М.: Мысль, — 2010. — 741 с.

41. Организация строительного производства [текст]: метод. указания для проведения практических занятий со студентами специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство». Ч. II. Сетевое моделирование в строительстве / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т.; сост. В. Н. Фомин, Д. В. Хавин, С. В. Горбунов, В. В. Ноздрин. — Н. Новгород: ННГАСУ, — 2008 — 25 с.

42. Осмоловская, И. М. Дидактика: от классики к современности: монография. — М.; СПб.: Нестор-История, — 2020. — 248 с

43. Осмоловская, И. М., Краснова, Л. А. Проблема междисциплинарности в исследованиях процесса обучения // Образование и наука. Том 19, № 7. — 2017. — С. 9-24.

44. Павлов, Д. А. Искусственные нейросети в контексте науки и образования // Компьютерные инструменты в образовании. — 2017. — №6. — С. 25-31.

45. Паспорт национального проекта «Образование» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://minobrnauki.gov.ru/files/NP_Obrazovanie.htm (дата обращения: 26.05.2023).

46. Перминова, Л. М. Современная дидактика: от Коменского до наших дней (философско-педагогические аспекты современной дидактики): Монография. М., — 2015. — 272 с.

47. Положение «О порядке составления расписаний учебных занятий, промежуточной аттестации, ликвидации академических задолженностей, государственной итоговой аттестации по программам бакалавриата и программам специалитета в ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России» [Электронный ресурс]. <https://usma.ru/wp-content/uploads/2018/12/Полож.о-регламенте-составления-расписаний.pdf> (дата обращения: 18.05.2021)

48. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 года N 287 Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (с изменениями на 8 ноября 2022 года). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/607175848?ysclid=lja3f3ypbs597314084§ion=text> (дата обращения 17.03.2023 г.)

49. Приказ Минпросвещения России от 21 сентября 2022 г. № 858 «Об утверждении федерального перечня учебников, допущенных к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования организациями, осуществляющими образовательную деятельность и установления предельного срока использования исключенных учебников» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.educaltai.ru/upload/iblock/205/prikaz-minprosveshch-rossii-ot-21.09.2022-n-858-fpu.pdf> (дата обращения 17.03.2023 г.)

50. Приложение «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы» СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях» (с изм. и доп. от: 29 июня 2011 г., 25 декабря 2013 г., 24 ноября 2015 г.) // Система «Гарант» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12183577/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 11.07.2019).

51. Примерная рабочая программа основного общего образования. Математика. Базовый уровень. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://fgosreestr.ru/uploads/files/5b42fd5fc9cd25fc3571440d5d3f7610.pdf> (дата обращения 30.11.22 г.).

52. Примерная рабочая программа основного общего образования. Физика. Базовый уровень. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/7a80f8760f6a822ccb2496f4681a635.pdf> (дата обращения 30.11.22 г.).

53. Провоторова, Н. А. Формирование познавательной активности школьников дидактическими средствами межпредметных связей: дис. канд. пед. наук: 13.00.01. - Воронеж, 2003. - 280 с.

54. Проективный философский словарь [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://terme.ru/termin/mezhdisciplinarnost.html>. (дата обращения: 15.02.23г.).

55. Профессиональное образование. Словарь. Ключевые понятия, термины, актуальная лексика. — М.: НМЦ СПО. С. М. Вишнякова. — 1999. — 535, [2] с.

56. Развитие образовательных систем на основе технологии big data [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-obrazovatelnyh-sistem-na-osnove-tehnologii-big-data> (дата обращения: 15.07.2019).

57. Регламент составления и контроля исполнения расписания учебных занятий и графика аттестации обучающихся в ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В.Плеханова» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rea.ru/ru/org/managements/uchmetupr/documents/регламент.pdf> (дата обращения: 18.05.2021)

58. Ридингс, Б. Университет в руинах / пер. с англ. А. М. Корбута; под общ. ред. М. А. Гусаковского. — Минск: БГУ, — 2009. — 248 с.

59. Роберт И. В. Цифровая парадигма современного периода информатизации образования: дидактический и технологический аспекты // Дистанционное образование в Республике Корея и Российской Федерации в посткоронавирусную эпоху: основные положения и направления. — 2020. — С. 259-337

60. Роберт, И. В. Развитие аксиологии образования периода цифровой трансформации. // Человеческий капитал, — 2021, — № 12(156) том 2. — С. 9-14.
61. Российская педагогическая энциклопедия. — Москва: Большая Российская Энциклопедия (Москва), — 1993. — 608 с.
62. Савенков, А. И. Психодидактика. — М.: Национальный книжный центр, — 2012. — С. 12.
63. Салмина, Н. Г. Знак и символ в обучении. Издательство Московского университета, —1988. — 288 с.
64. Синяков, А. П. Дидактические подходы к определению понятия «межпредметные связи» // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. — 2009. — С. 197-202.
65. Снопкова Е. И. Актуальность междисциплинарного подхода в педагогических исследованиях: научное обоснование // Integration of Education. — 2015. — Vol. 19. № 1. — P. 111–117.
66. Тагунова, И. А. Междисциплинарное содержание общего образования: концептуальные подходы // Педагогика. — 2023. — Т. 87. № 5. — С. 115-122.
67. Тагунова, И. А., Найденова, Н. Н. Международная междисциплинарная стандартизация: от постановки задач к формированию национальных стандартов общего образования // Отечественная и зарубежная педагогика. — 2017 . — №5 (44) . — С. 25-44.
68. Точка будущего Образовательный комплекс. // Образовательный комплекс «точка будущего» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://точкабудущего.рф> (дата обращения: 17.12.2021).
69. Тютюкова, И. А. Педагогический тезаурус. — 2016 г. — 160 с.
70. Уваров, А. Ю., Гейбл, Э., Дворецкая, И. В. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования. - Москва: Издательский дом Высшей шк. экономики, — 2019. — 343 с.

71. Устинов, И. Ю. Определения основных терминов дидактики высшей военной школы. Учебно-методическое пособие. – Воронеж: ВАИУ, — 2010. — 80 с.
72. Учебная аналитика. Типы и способы применения // Edutainme [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.edutainme.ru/post/learning-analytics/> (дата обращения: 18.06.2019).
73. Февр, Л. Бои за историю. — М: Наука, — 1991. — 632 с.
74. Федотов, И. А., Кукушкин, С. В., Доровская, В. А., Антошкин, Я. А. I disorders - новые виды психических расстройств, связанные с использованием современных информационных технологий // Омский психиатрический журнал. — 2015. — №4. — С. 16-19.
75. Феномен цифровизации. Нужна ли она людям? Можно ли ее остановить? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vc.ru/future/546580-fenomen-cifrovizacii-nuzhna-li-ona-lyudyam-mozhno-li-ee-ostanovit?ysclid=leq03afmeh146539569>. (дата обращения 13.02.23г).
76. Филатова, О. Н., Булаева, М. Н., Гушин, А. В. Применение нейросетей в профессиональном образовании // Проблемы современного педагогического образования. — 2022. — С. 243-245.
77. Черкасова, Е. Р. Формирование познавательной активности школьников дидактическими средствами межпредметных связей: дис. канд. пед. наук: 13.00.01. - М., 1983. - 172 с.
78. Шадже, А. Ю., Ильинова, Н. А. Образование в условиях нового глобального риска: цифровизация и гуманизация // Социально-гуманитарные знания. — 2020. — №4. — С. 71-83.
79. Шилова, Г. Ф., Ляпунова, Л. В., Старостенков, Н. В. Проблемы междисциплинарного подхода в современной истории // Вестник современной науки. — 2015. — № 7. — С. 77-81.
80. Ширшов, Е. В. Информация образование дидактика история методы и технологии обучения. Словарь ключевых понятий и определений. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, — 2017. — 138 с.

81. Школьные учителя в изменяющихся условиях: адаптивность и готовность к инновациям: информационный бюллетень / С. И. Заир-Бек, К. М. Анчиков; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, — 2022. — 44 с.

82. Шкурина, С. П. Педагогическое моделирование содержания обучения в средней общеобразовательной школе: На примере гуманитарных дисциплин: дис. канд. пед. наук: 13.00.01. — Омск, 2006. — 220 с.

83. Яворук, О. А. Перспективы дидактики межпредметных связей // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2.; [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6031> (дата обращения: 11.03.2023).

84. Яворук, О. А. Дидактические основы построения интегративных курсов в школьном естественнонаучном образовании. – Челябинск: ЧГПУ, — 2000. — 247 с.

85. Annual Report — Lee Richardson Zoo. Lee Richardson Zoo. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20171208151547/http://leerichardsonzoo.org/AnnualReports/2007%20Zoo%20Annual%20Report.PDF> (дата обращения 10.02.23 г.)

86. Arbor Height Elementary to implement "eSTEM" curriculum in coming years, West Seattle Herald, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20170126125741/http://www.westseattleherald.com/2013/04/30/news/arbor-heights-elementary-implement-estem-curricul> (дата обращения 10.02.23 г.)

87. Ball State University. Rankings and Recognitions [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bsu.edu/about/rankings> (дата обращения: 17.12.2019).

88. Benneworth, P.; Jongbloed, Вю W. "Who matters to universities? A stakeholder perspective on humanities, arts and social sciences valorisation". Higher Education. 59 (5): 567–588.

89. Big Data: A review of analytics methods & techniques [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/316727465> (дата обращения: 15.07.2019).

90. Black, J. "SHAPE – A Focus on the Human World". Social Science Space. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20210115144742/https://www.socialsciencespace.com/2020/11/shape-a-focus-on-the-human-world/> (дата обращения: 15.07.2019).

91. Cunningham, S. University and discipline cluster ranking systems and the humanities, arts, and social sciences. [Электронный ресурс]. Routledge. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/27476809_University_and_Discipline_Cluster_Ranking_Systems_and_the_Humanities_Arts_and_Social_Sciences (дата обращения: 15.07.2019).

92. D'Hainaut, L., Lawton, D., Rene, O., Super, D., Vaideanu, G., Yerodia, A. Curricula and Lifelong education. UNESDOC. France. — 1981. — pp. 201-230.

93. eSTEM Academy [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20160630162348/http://www.reyn.org/protected/> (дата обращения: 15.07.2019).

94. Hallinen, J. "STEM Education Curriculum". ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20200225221127/https://www.britannica.com/topic/STEM-education> (дата обращения: 15.07.2019).

95. Home. STEMIE Coalition. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20200513105422/https://www.stemie.org/> (дата обращения: 15.07.2019).

96. Hübenthal, U. Interdisciplinary thought // Issues in Integrative Studies. — 2003. — Vol. 12. — Pp. 55- 75.

97. Humanities, Arts, and Social Sciences (HASS) Requirement [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://firstyear.mit.edu/academics->

exploration/general-institute-requirements-girs/humanities-arts-and-social-sciences-hass-requirement/ (дата обращения: 11.12.2021).

98. Interdisciplinarity in General Education. A Study by Louis d'Hainaut following an International Symposium on Interdisciplinary in general education held at Unesco Headquarters from 1to 5 July 1985. PP. 1-17. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000070823> (дата обращения: 15.03.2020).

99. Ivanov, O. B., Ivanova, S. V. Educational space in the modern world: the interdisciplinary aspect // *Espacios*. — 2017. — Т. 38. № 40. — С. 19

100. KERIS (Korea Education & Research Information Service [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.keris.or.kr/eng/cm/cntnts/cntntsView.do?mi=1172&cntntsId=1321> (дата обращения: 06.03.2021).

101. MEd Curriculum Studies: STEMS² | College of Education, The University of Hawai'i at Mānoa". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20181025094124/https://coe.hawaii.edu/academics/curriculum-studies/med-cs-stems2> (дата обращения 11.02.23 г.)

102. METALS: Why Logic Deserves First Order Status in STEAM". *Stem Hacks & Cogniscent*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://leosstemhacks.wordpress.com/2015/10/01/metals-why-logic-deserves-first-order-status-in-steam/> (дата обращения 15.02.23 г.)

103. MIT // Russian and Eurasian Studies Concentration [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shass.mit.edu/undergraduate/interdisciplinary/conc/russian> (дата обращения: 03.04.2022).

104. Neumann, J. von, 1925, «An Axiomatization of Set Theory» English translation in Jean van Heijenoort, ed., 1967. *From Frege to Gödel: A Source Book in Mathematical Logic, 1879—1931*. Harvard University Press. 393 — 413, Bernays, Paul. *Axiomatic Set Theory*. — Dover Publications, 1991

105. Newell, W. H. A Theory of Interdisciplinary Studies// Issues in integrative Studies. N. 19. 2001. P. 2
106. Panelová studie vyvoje jazykových, kognitivních a rane gramotnostních dovednosti zäkü 1. Stupne zäkkladnich skol. FSV UK. - Praha, — 2015.
107. Ramadier, T. Transdisciplinarity and its challenges: The case of urban studies // Futures. — 2004. — Vol. 36, No. 4. — P. 423–439.
108. Shannon, C. A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits (англ.) // Transactions of the American Institute of Electrical Engineers — IEEE, 1938. — Vol. 57, Iss. 12. — P. 713–723.
109. Shenzhen City Longgang District Education Bureau, China. "The Guidance of A-STEM Curriculum Construction in Longgang District Shenzhen City". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20190712125258/http://www.lg.gov.cn/bmzz/jyj/xxgk/ghjh/fzgh/201903/P020190311597687050068.pdf> (дата обращения 12.02.23 г.)
110. SHTEAM. Adelphi Academy. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20210612023918/https://www.adelphi.org/shteam/> (дата обращения: 15.07.2019).
111. Smith, S. S., O'Day, J., Cohen, D. K. A National Curriculum in the United States? // Association for Supervision and Curriculum Development, — 1991. — С. 74-81.
112. STEAM Rising: Why we need to put the arts into STEM education". Slate. 16 June 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://slate.com/technology/2015/06/steam-vs-stem-why-we-need-to-put-the-arts-into-stem-education.html> (дата обращения 11.02.23 г.)
113. Strakova, J., Simonova, J., Greger, D. Overeni konceptu akademického optimismu na ceskych skolach druheho stupne povinneho vzdelavani // Pedagogicka orientace. — 2017. — Vol. 27, No. 3. — P. 397-418.
114. The Global Risks Report 2018, 13th Edition, is published by the World Economic Forum. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf (дата обращения: 15.07.2019).

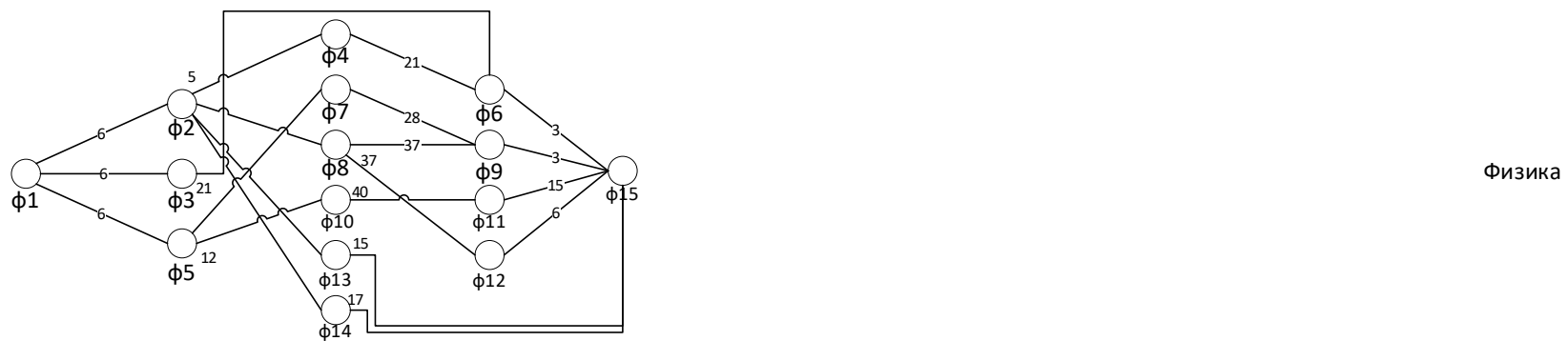
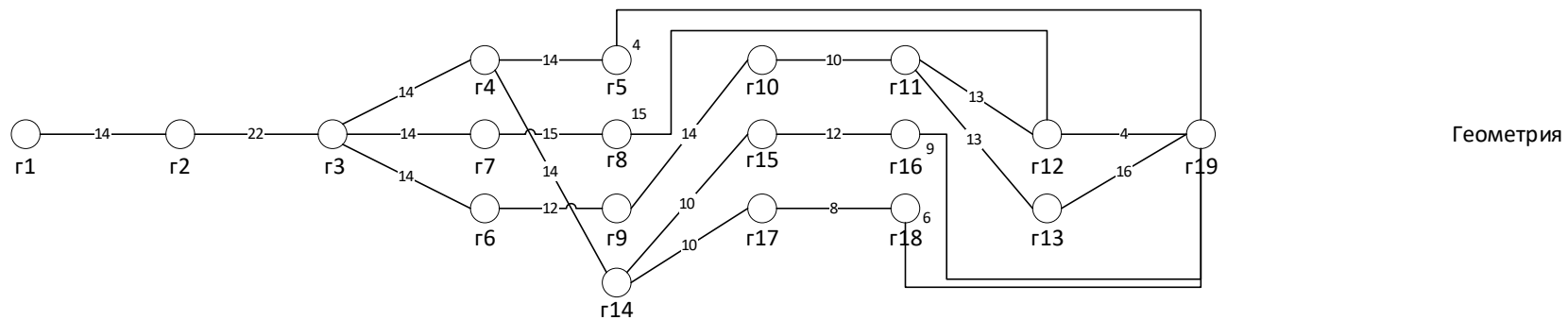
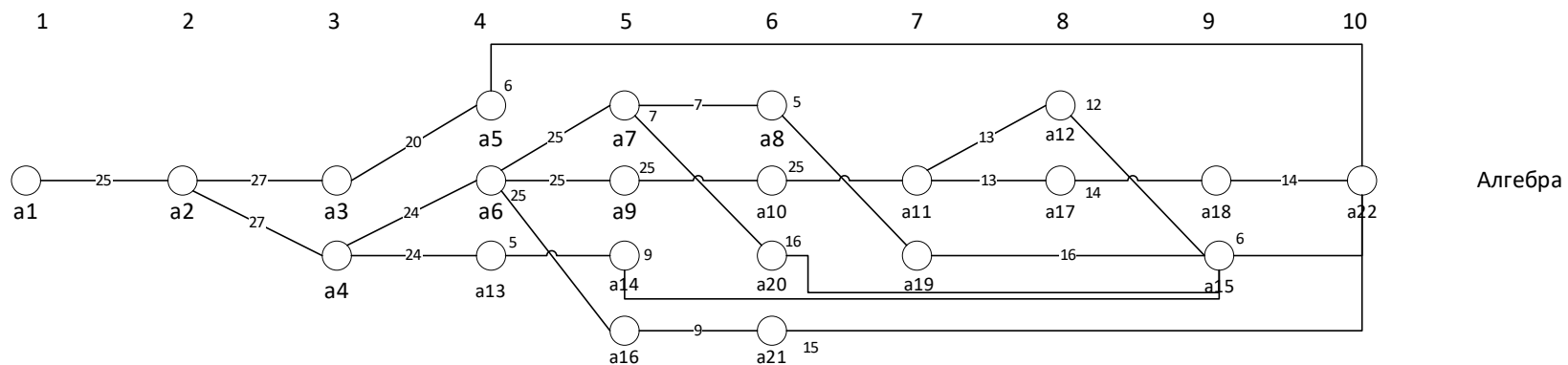
115. Turner, G. Mapping the humanities, arts and social sciences in Australia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mapping-the-humanities%2C-arts-and-social-sciences-in-Turner-Brass/1c91abf3db86b0a0a26a4bf064241e4a0c93aad8> (дата обращения: 15.07.2019).

116. Virginia Tech and Virginia STEAM Academy form strategic partnership to meet critical education needs". Virginia Tech News. 31 July 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20200113144801/https://vtnews.vt.edu/articles/2012/07/07-3112-uged-steampartnership.html> (дата обращения 14.02.23 г.)

117. Whistler, K., Freytag, A. AMS (STIX); "Encoding Additional Mathematical Symbols in Unicode" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20190615014507/http://www.unicode.org/L2/L2000/00119-math.pdf> (дата обращения 12.02.23 г.).

Приложение А.

Сетевые графики учебных предметов «Алгебра», «Геометрия», «Физика»



Приложение В.

Сводная таблица данных для построения кибернетической модели формирования междисциплинарных связей между дидактическими единицами содержания образования (на примере алгебры, геометрии и физики).

Тема	Предшествующая тема	Продолжительность изучения текущей темы	Ранг	Краткое обозначение темы	Краткое обозначение предшествующей темы	Междисциплинарная связь
АЛГЕБРА						
Числа и вычисления, рациональные числа		25	1	a1		
Алгебраические выражения	Числа и вычисления, рациональные числа	27	2	a2	a1	
Уравнения и неравенства	Алгебраические выражения	20	3	a3	a2	
Координаты и графики, функции	Алгебраические выражения	24	3	a4	a2	ф10, г14
Повторение и обобщение	Все за 7 класс	6	4	a5	a4	
Числа и вычисления, квадратные корни	Координаты и графики, функции	25	4	a6	a4	
Числа и вычисления, степень с целым показателем	Числа и вычисления, квадратные корни	7	5	a7	a6	
Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен	Числа и вычисления, степень с целым показателем	5	6	a8	a7	
Алгебраические выражения, алгебраическая дробь	Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен	25	5	a9	a6	
Уравнения и неравенства, квадратные уравнения	Алгебраические выражения, алгебраическая дробь	25	6	a10	a9	

Уравнения и неравенства, системы уравнений	Уравнения и неравенства, квадратные уравнения	13	7	a11	a10
Уравнения и неравенства, неравенства	Уравнения и неравенства, системы уравнений	12	8	a12	a11
Функции, основные понятия	Координаты и графики, функции	5	4	a13	a4
Функции, числовые функции	Функции, основные понятия	9	5	a14	a13
Повторение и обобщение	Все за 8 класс	6	9	a15	ы
Числа и вычисления, действительные числа	Числа и вычисления, квадратные корни	9	5	a16	a6
Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной	Уравнения и неравенства, системы уравнений	14	8	a17	a11
Уравнения и неравенства, системы уравнений	Уравнения и неравенства, уравнения с одной переменной	14	9	a18	a17
Уравнения и неравенства, неравенства	Алгебраические выражения, квадратный трёхчлен	16	7	a19	a8
Функции	Числа и вычисления, степень с целым показателем	16	6	a20	a7
Числовые последовательности	Числа и вычисления, действительные числа	15	6	a21	a16
Повторение, обобщение, систематизация знаний	Все за 7-9 класс	18	10	a22	a18
ГЕОМЕТРИЯ					
Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин		14	1	г1	

Треугольники	Простейшие геометрические фигуры и их свойства, измерение геометрических величин	22	2	r2	r1	
Параллельные прямые, сумма углов треугольника	Треугольники	14	3	r3	r2	
Окружность и круг, геометрические построения	Параллельные прямые, сумма углов треугольника	14	4	r4	r3	
Повторение, обобщение знаний	Все за 7 класс	4	5	r5	r4	
Четырёхугольники	Параллельные прямые, сумма углов треугольника	12	4	r6	r3	
Теорема Фалеса и теорема о пропорциональных отрезках, подобные треугольники	Параллельные прямые, сумма углов треугольника	15	4	r7	r3	
Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур	Четырёхугольники	14	5	r8	r6	
Теорема Пифагора и начала тригонометрии	Нахождение площадей треугольников и многоугольных фигур, площади подобных фигур	10	6	r9	r8	
Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники, касательные к окружности, касание окружностей	Теорема Пифагора и начала тригонометрии	13	7	r10	r9	
Повторение, обобщение знаний	Все за 8 класс	4	8	r11	r7	
Тригонометрия, теоремы косинусов и синусов, решение	Углы в окружности, вписанные и описанные четырехугольники,	16	8	r12	r10	a6

треугольников	касательные к окружности, касание окружностей					
Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности	Окружность и круг, геометрические построения	10	5	r13	r4	
Векторы	Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности	12	6	r14	r13	a4, φ10
Декартовы координаты на плоскости	Векторы	9	7	r15	r14	
Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей	Преобразование подобия, метрические соотношения в окружности	8	6	r16	r13	a13
Движения плоскости	Правильные многоугольники, длина окружности и площадь круга, вычисление площадей	6	7	r17	r16	
Повторение, обобщение, систематизация знаний	Все за 7-9 класс	7	9	r18	r11	
ФИЗИКА						
Раздел 1, Физика и её роль в познании окружающего мира		6	1	φ1		
Раздел 2, Первоначальные сведения о строении вещества	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира	5	2	φ2	φ1	
Раздел 3, Движение и взаимодействие тел	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира	21	2	φ3	φ1	
Раздел 4, Давление твёрдых тел, жидкостей и газов	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества	21	3	φ4	φ2	

Раздел 5, Работа и мощность, энергия	Раздел 1, физика и её роль в познании окружающего мира	12	2	ф5	ф1	
Резервное время	Все за 7 класс	3	4	ф6	ф4	
Раздел 6, Тепловые явления	Раздел 5, работа и мощность, энергия	28	3	ф7	ф5	а7
Раздел 7, Электрические и магнитные явления	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества	37	3	ф8	ф2	
Резервное время	Все за 8 класс	3	4	ф9	ф8	
Раздел 8, Механические явления	Раздел 5, работа и мощность, энергия	40	3	ф10	ф5	г14, а4
Раздел 9, Механические колебания и волны	Раздел 8, Механические явления	15	4	ф11	ф10	
Раздел 10, Электромагнитное поле и электромагнитные волны	Раздел 7, электрические и магнитные явления	6	4	ф12	ф8	
Раздел 11, Световые явления	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества	15	3	ф13	ф2	г12
Раздел 12, Квантовые явления	Раздел 2, первоначальные сведения о строении вещества	17	3	ф14	ф2	а21
Повторительно-обобщающий модуль	Все за 7-9 класс	9	5	ф15	ф9	

Приложение Г. Результаты анкетирования.

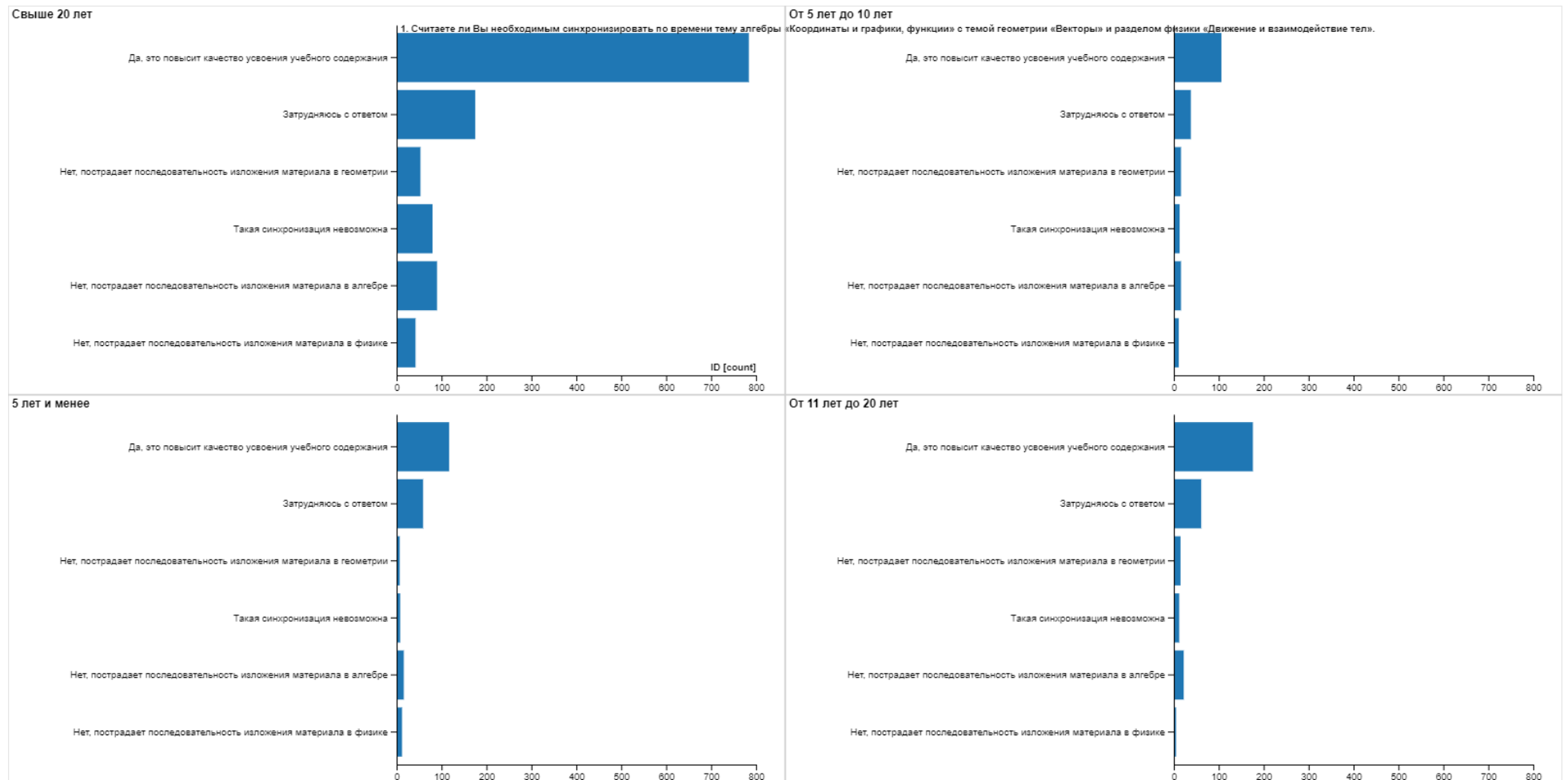


Рисунок 16. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 1 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

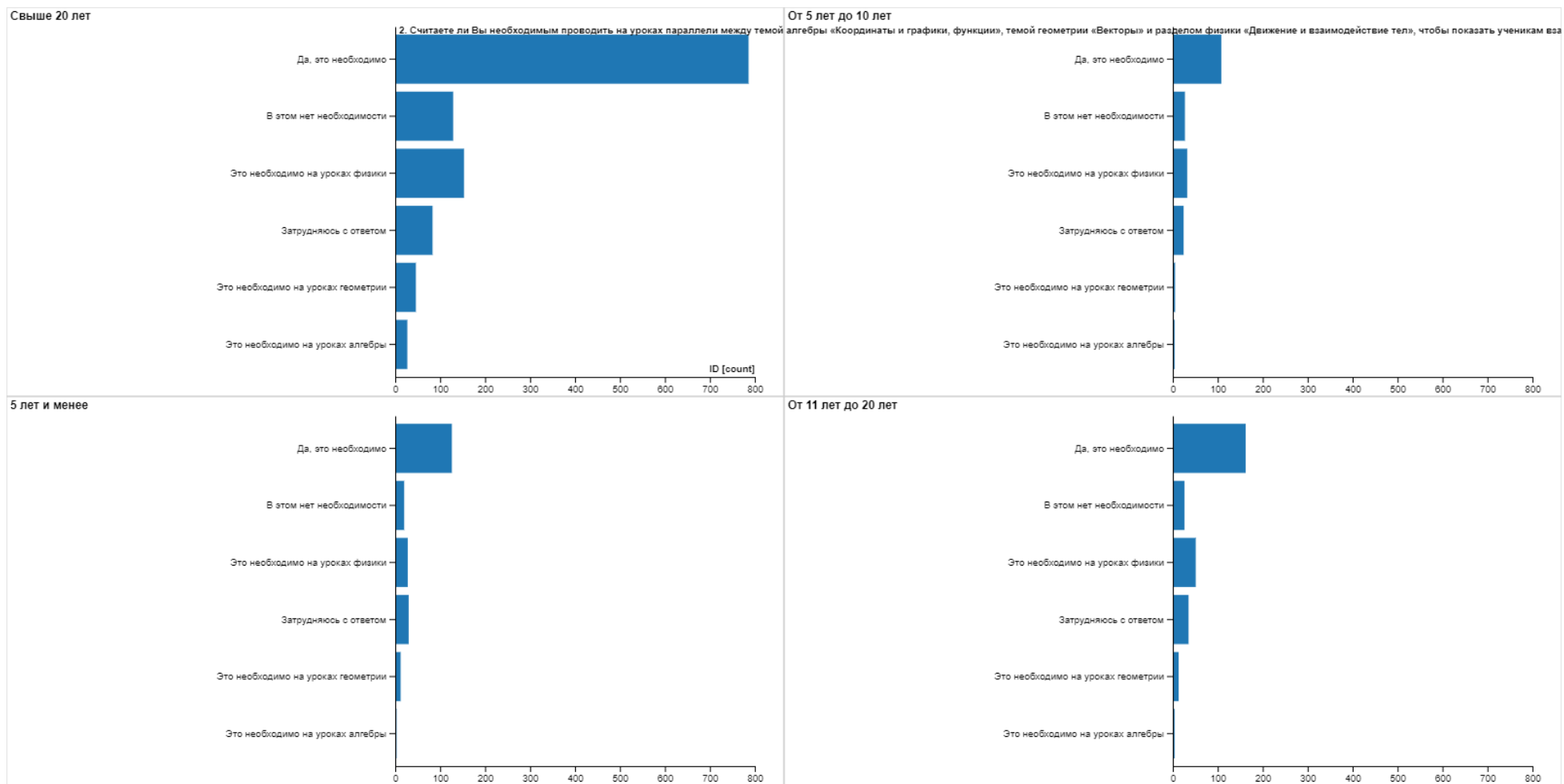


Рисунок 17. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 2 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

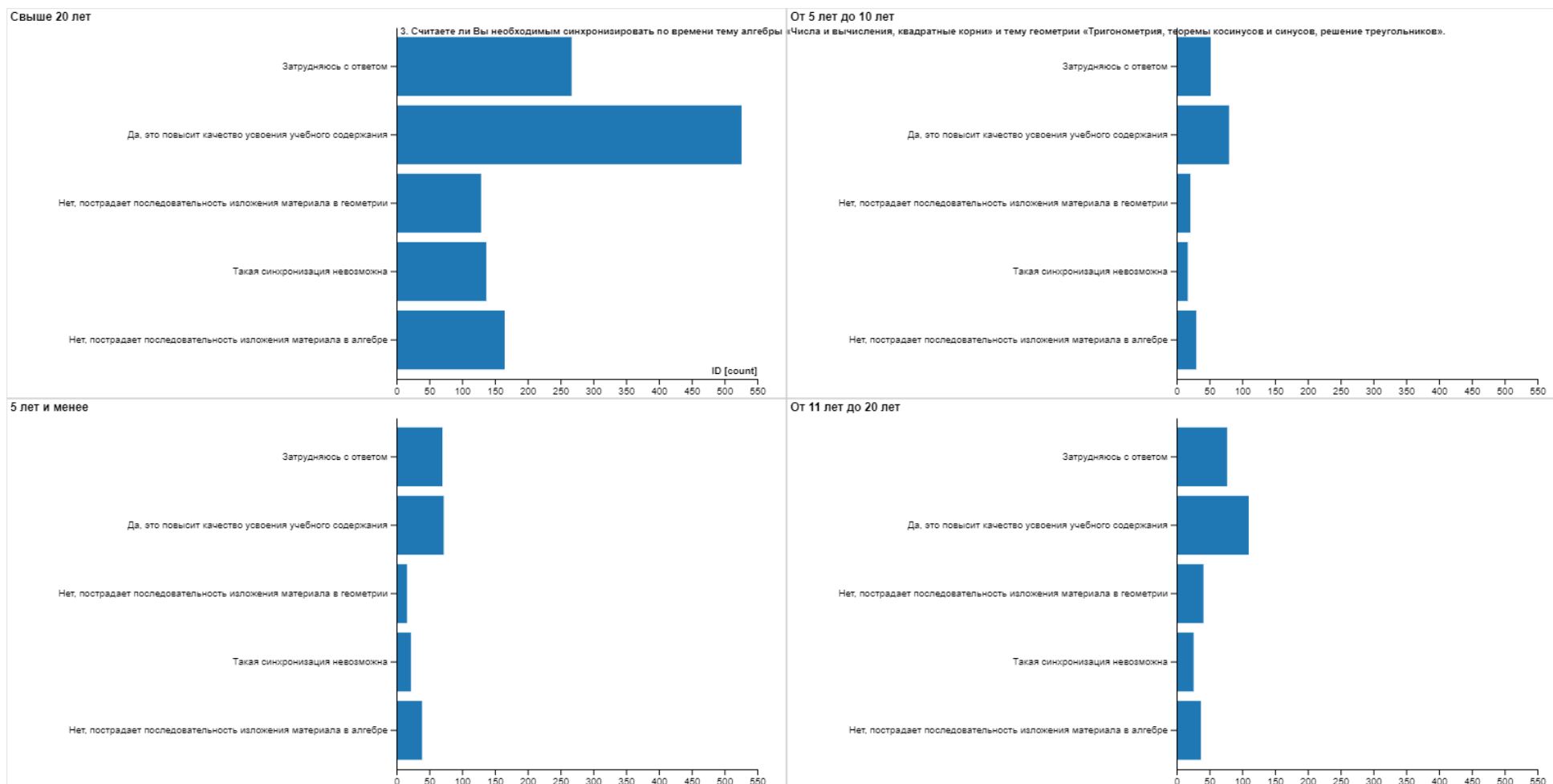


Рисунок 18. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 3 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

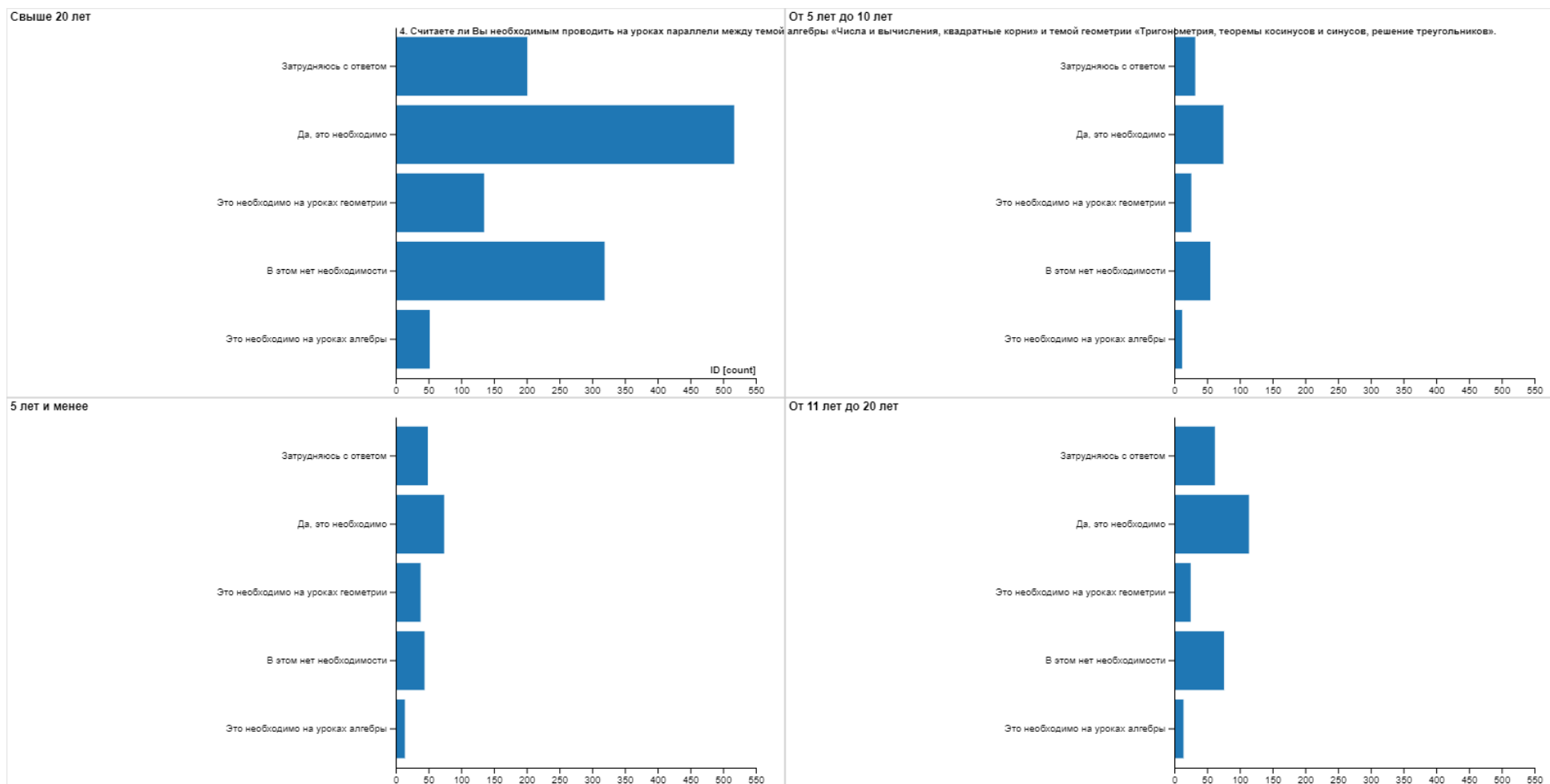


Рисунок 19. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 4 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

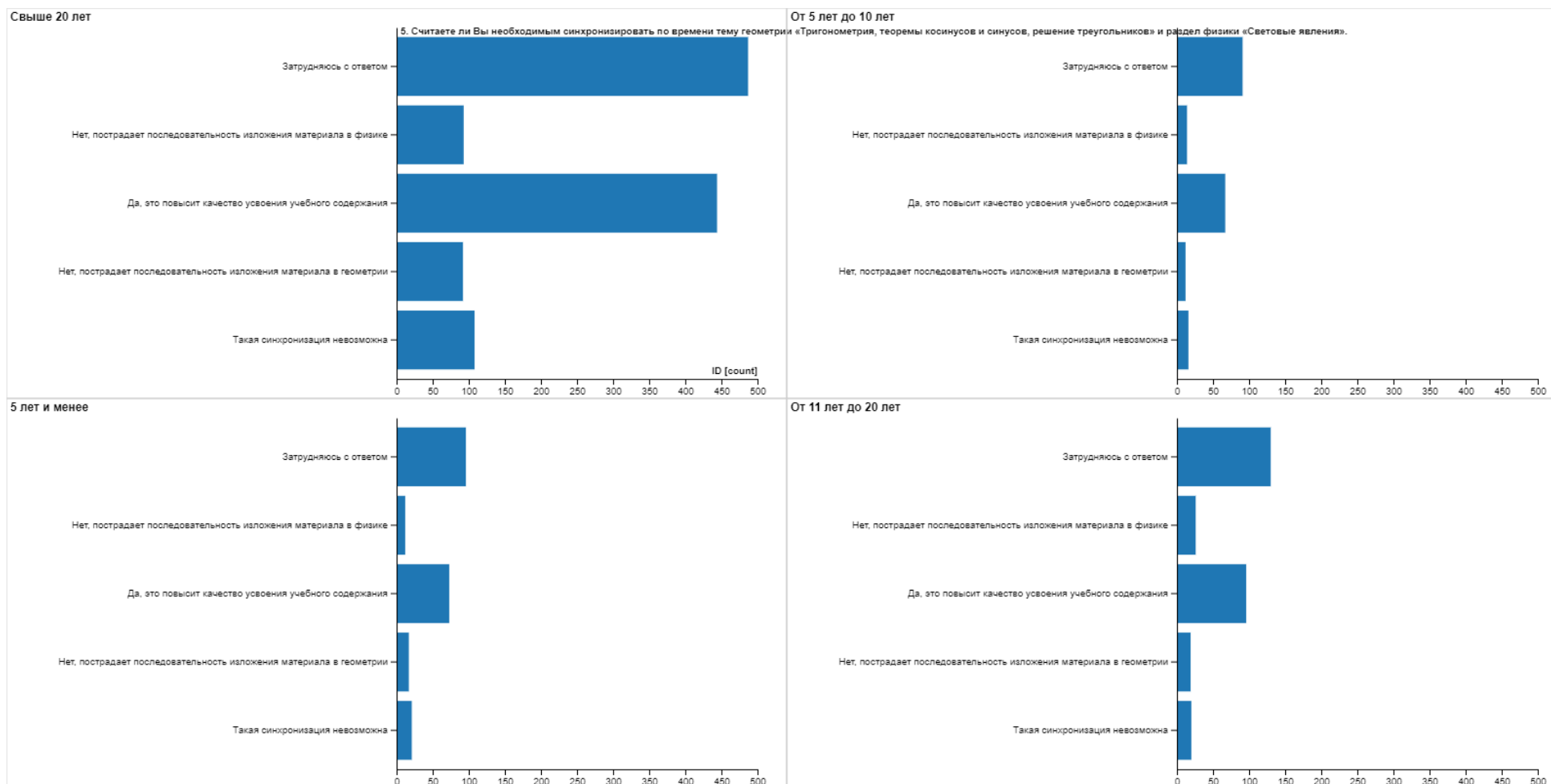


Рисунок 20. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 5 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

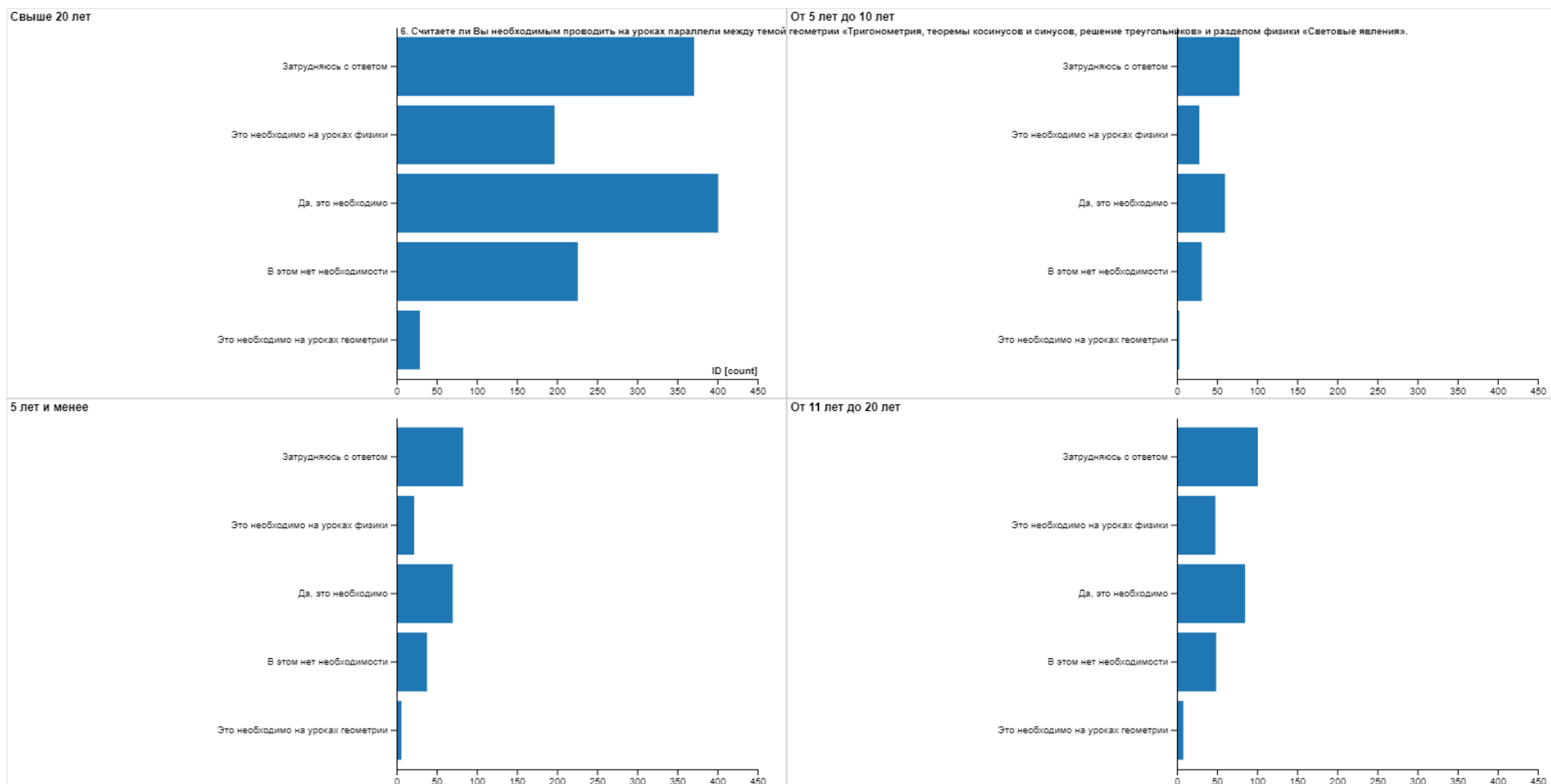


Рисунок 21. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 6 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

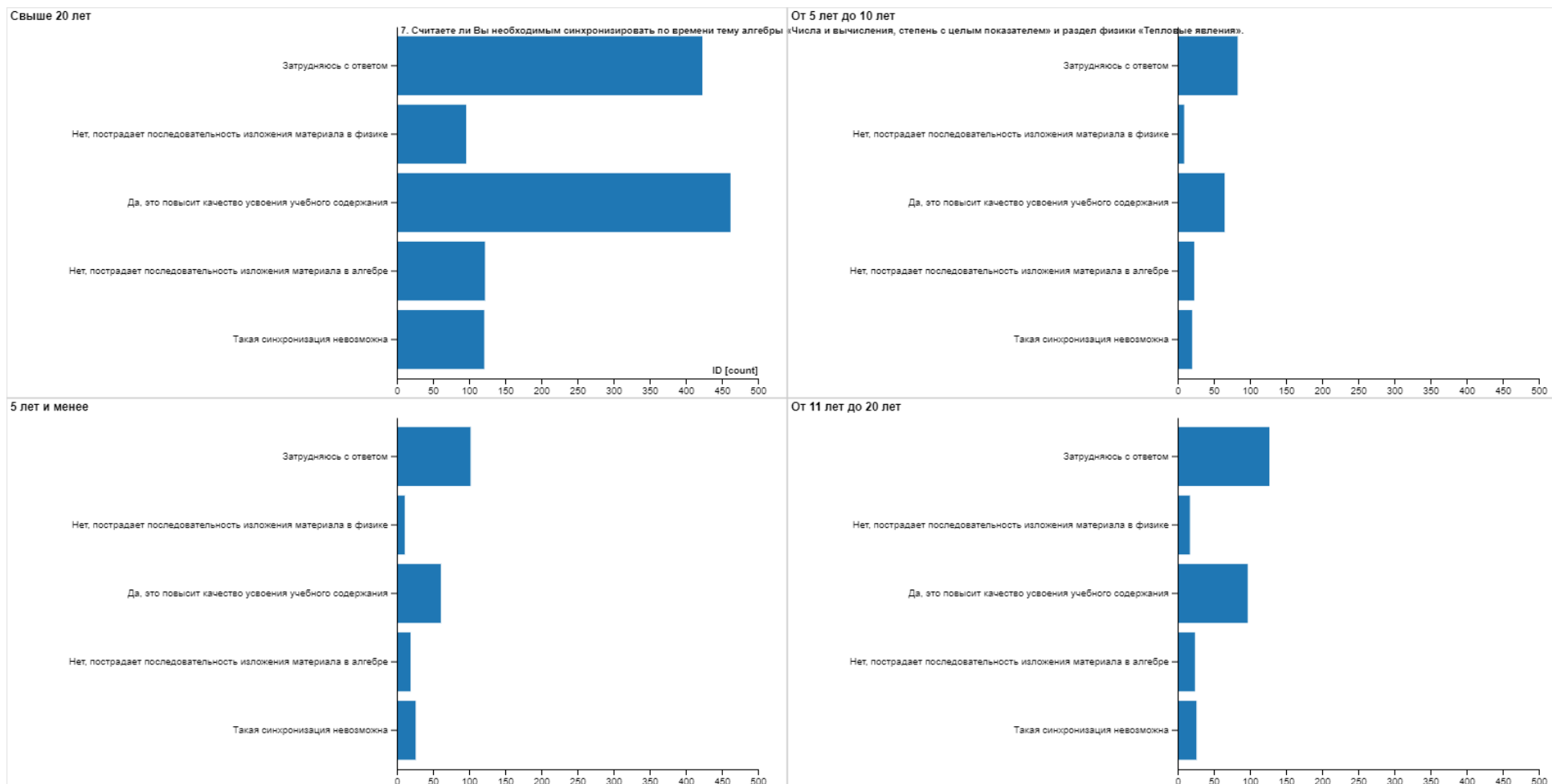


Рисунок 22. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 7 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

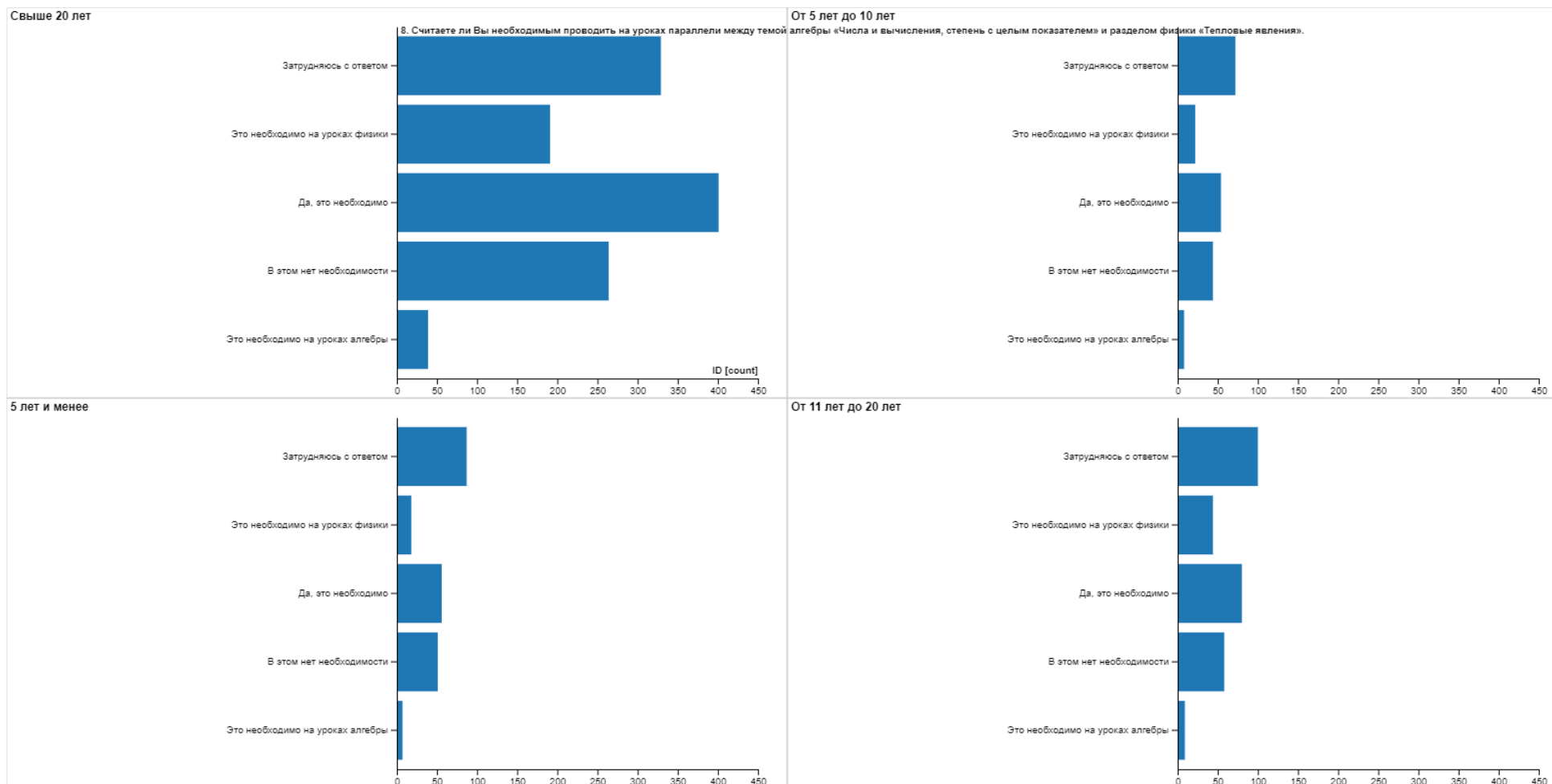


Рисунок 23. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 8 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

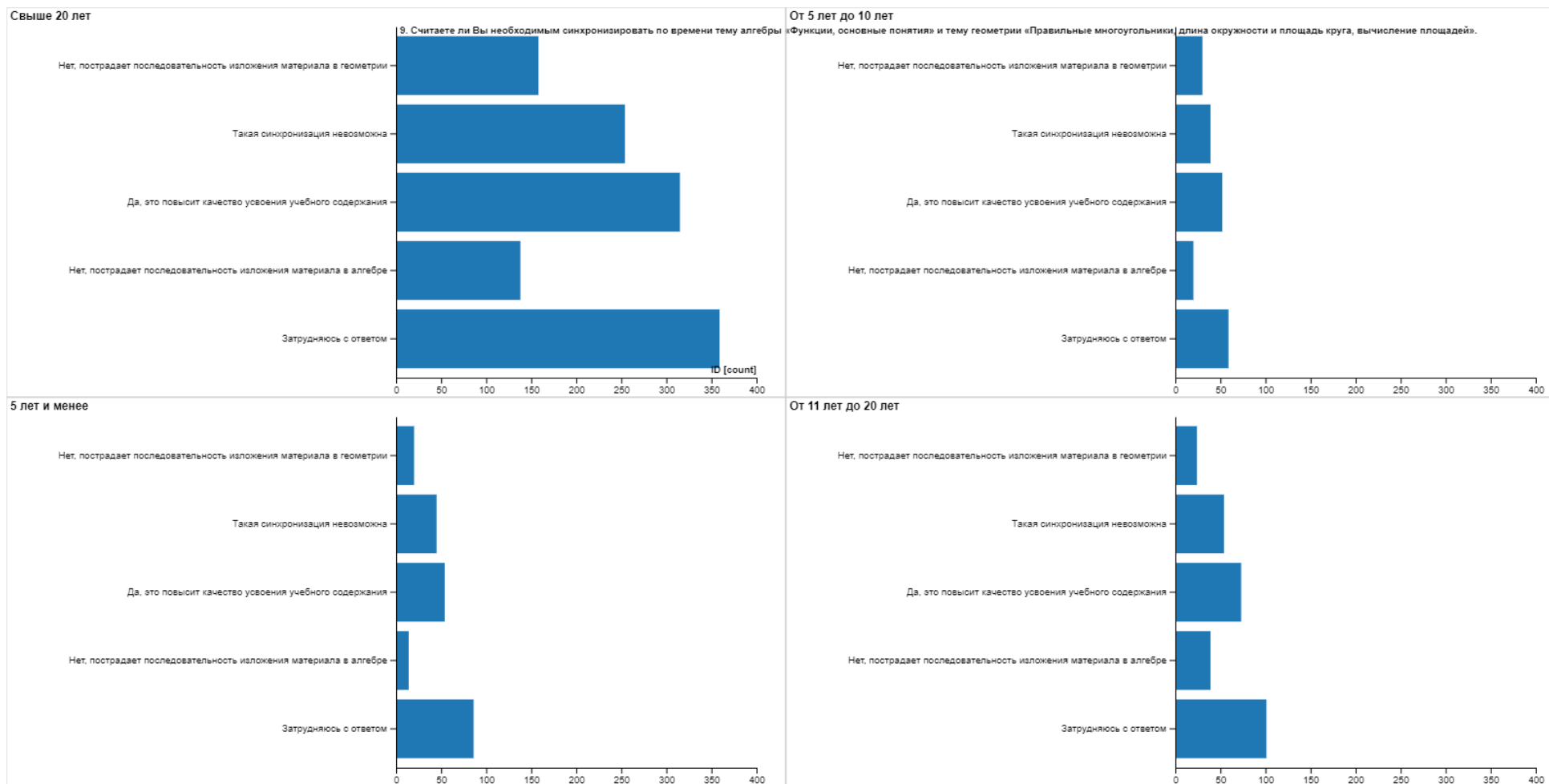


Рисунок 24. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 9 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

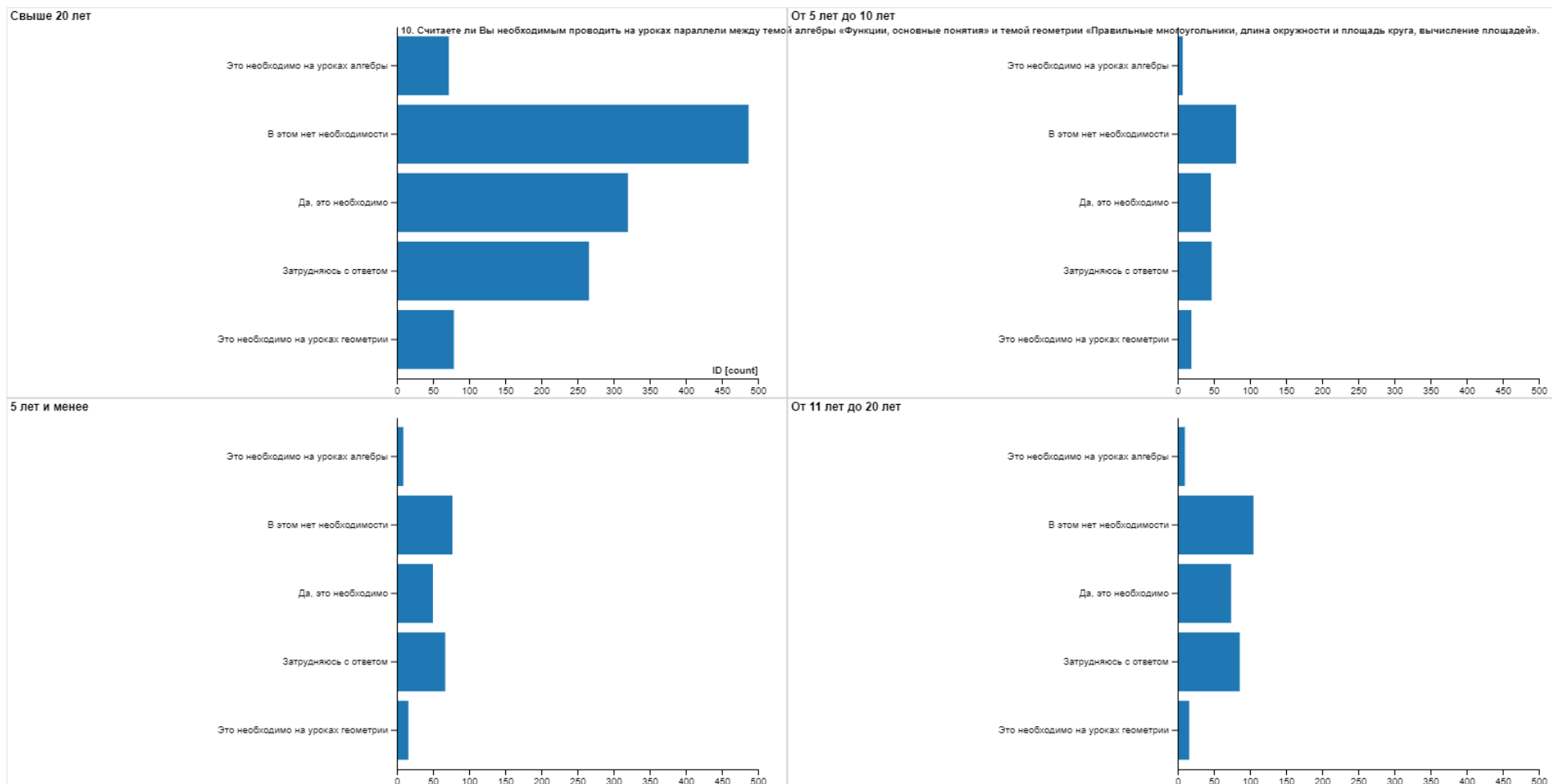


Рисунок 25. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 10 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

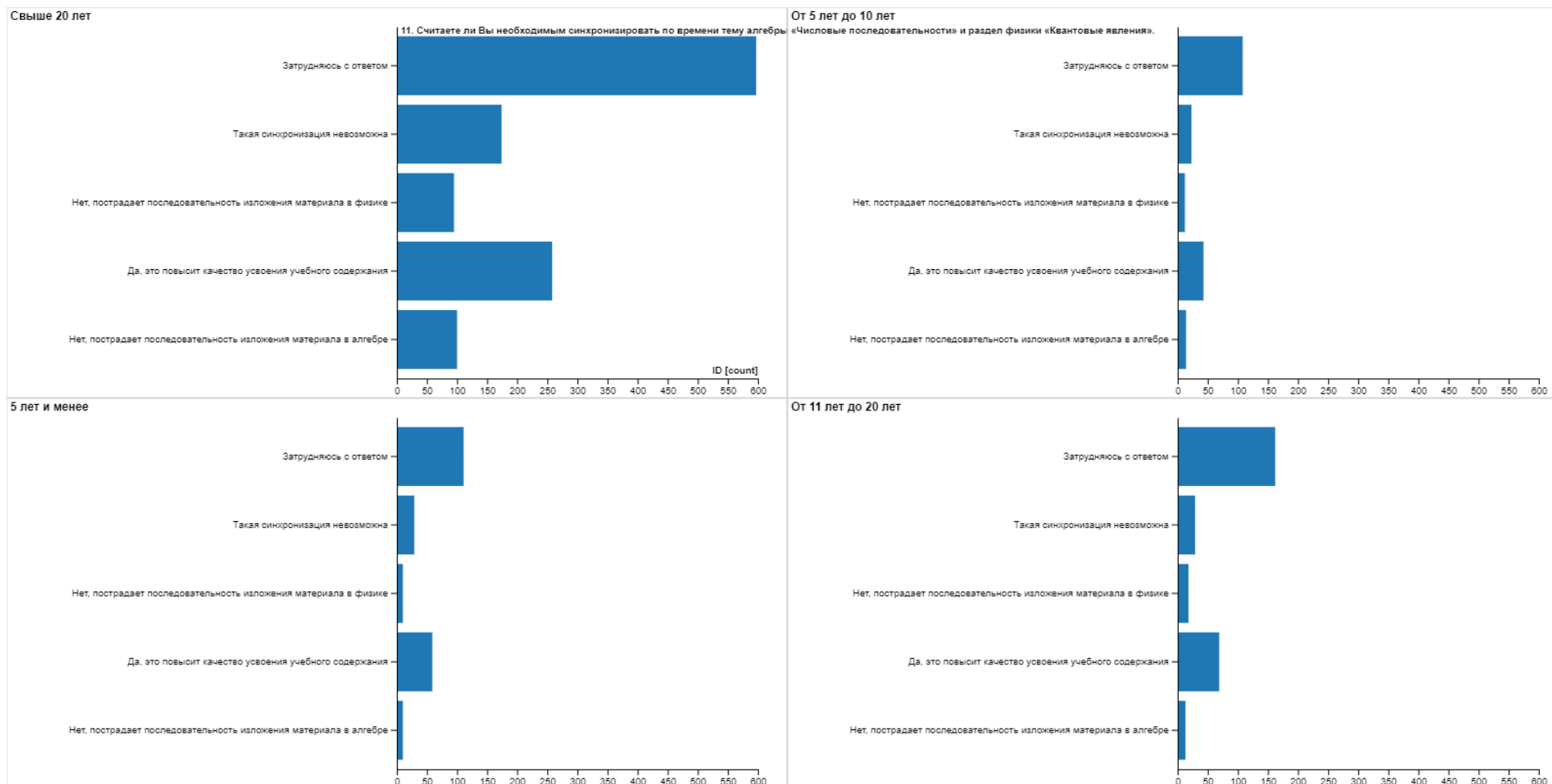


Рисунок 26. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 11 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу

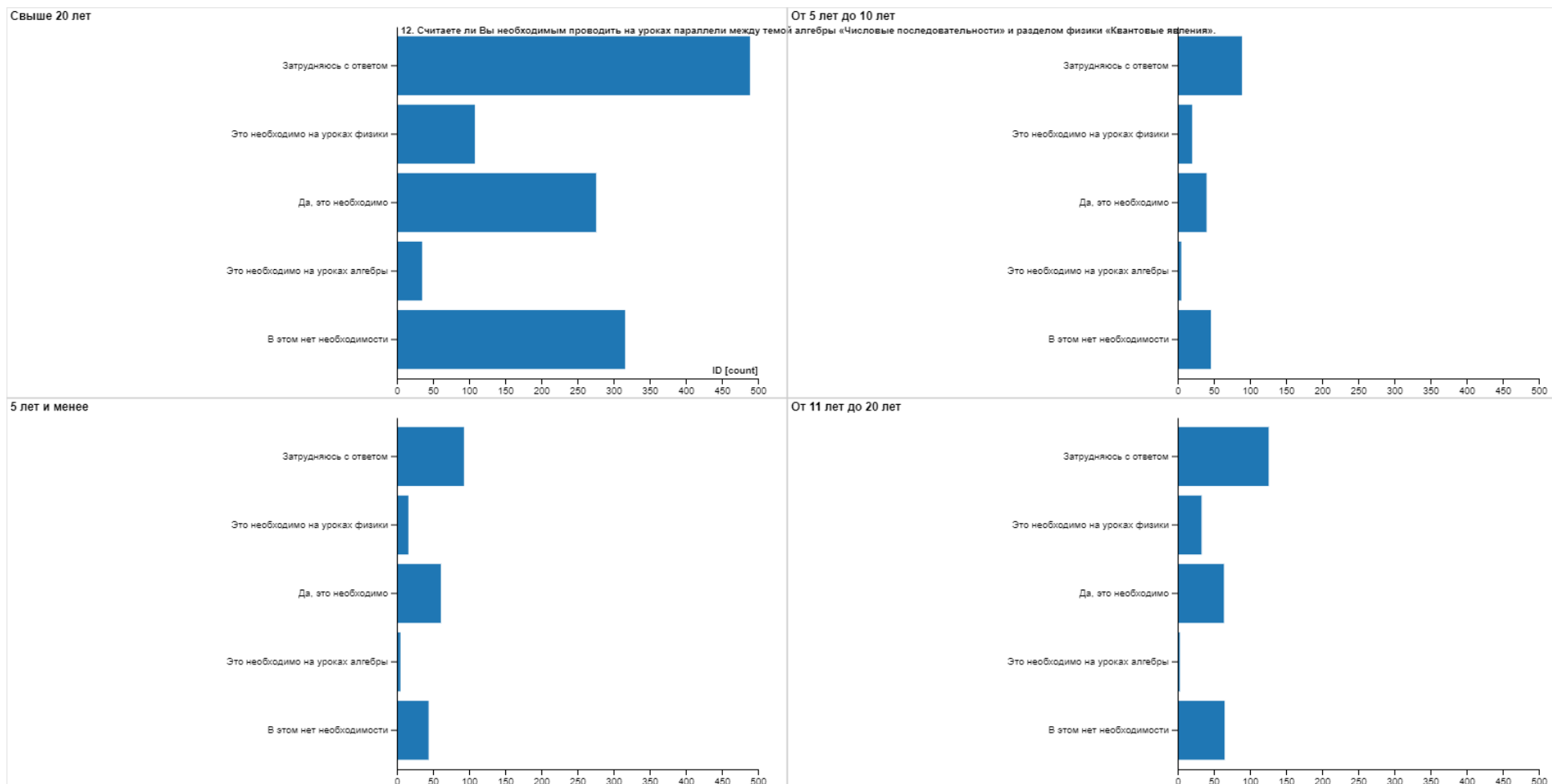


Рисунок 27. Диаграммы, демонстрирующие ответы на 12 вопрос в анкетировании, распределенные согласно педагогическому стажу