Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Факультет: Профессионального образования
Направление 44.04.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
Профиль: Инженерная педагогика
Кафедра «Общенаучных дисциплин»

Допускается к защите
и.о. зав. кафедрой ОНД
канд. экон. наук.
_____ К.В. Кондратьева
«23» июня 2026 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Магистерская диссертация

на тему:

«Программа "КОМПАС" как условие развития инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 в процессе проектной деятельности»

Студент: _____18.06.2026 М.А. Сычкин
(подпись, дата)

Группа: ИП-24-1м ЛФ
Состав ВКР:

1. Пояснительная записка на 98 стр.
2. Портфолио достижений
3. Электронный носитель с материалами ВКР.

Руководитель: _____18.06.2026 канд. пед. наук, доцент Н.А. Степанова
(подпись, дата)

Руководитель магистерской программы: _____18.06.2026 д-р социол. наук, профессор В.Н. Стегний
(подпись, дата)

Проверено на наличие заимствования: _____18.06.2026 канд. пед. наук, доцент Н.А. Степанова
(подпись, дата)

Лысьва, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……... 3
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО МЫШЛЕНИЯ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ…… 8
1.1 Историография исследуемого вопроса……..... 8
1.2 Инновационное мышление как педагогическая категория……..... 13
1.3 Педагогическая модель формирования инновационного мышления в процессе проектной деятельности……... 26
1.4 Проектная деятельность как условие развития мышления обучающихся……..... 34
1.5 Дидактические возможности САПР «КОМПАС-3D»……..... 43
2 РАЗРАБОТКА ЭУМКД ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 15.02.16…… 54
2.1 Принципы и структура ЭУМКД…… 54
2.2 Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины (ПК, ОК)…… 58
2.3 Типология проектных заданий (банк кейсов)……... 64
2.4 Критерии оценки и чек-листы для самооценки…… 73
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФОРМИРОВАНИЮ ИННОВАЦИОННОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 15.02.16…….. 81
3.1 Особенности констатирующего эксперимента……. 81
3.2 Характеристика формирующего эксперимента…… 84
3.3 Основные результаты контрольного 87

эксперимента…….....
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..... 90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ…… 95
ПРИЛОЖЕНИЕ
А……. 100
ПРИЛОЖЕНИЕ Б……. 101
ПРИЛОЖЕНИЕ В……. 106

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Мировая экономика вступила в эпоху «четвёртой промышленной революции», где ключевыми драйверами роста становятся скорость и качество инноваций. Российское машиностроение, стоящее перед вызовами импортозамещения и достижения технологического суверенитета, остро нуждается в кадрах, способных не только эффективно выполнять стандартные операции, но и предлагать новые технические решения, оптимизировать производственные процессы, находить неочевидные пути развития. Специальность 15.02.16 «Технология машиностроения» готовит специалистов, находящихся на стыке конструкторской идеи и её материального воплощения, что делает их потенциальными ключевыми агентами инноваций на производстве.

Однако традиционная парадигма среднего профессионального образования в технических областях исторически была нацелена на формирование исполнительской дисциплины и воспроизведение устоявшихся норм (ЕСКД, ЕСТД). Это привело к дефициту развития инновационного мышления – системной способности к генерации, критическому анализу и практической реализации новых, ценных идей в профессиональной сфере. Выпускники зачастую испытывают трудности в поиске неочевидных решений, боятся отступать от шаблонов и недостаточно владеют инструментами для быстрого прототипирования своих гипотез.

В этом контексте резко возрастает роль цифровых инструментов, трансформирующих учебный процесс. Отечественная система автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D» перестаёт быть лишь «электронным кульманом». При грамотном педагогическом сопровождении она становится мощнейшей средой для развития инновационного мышления благодаря:

- скорости итераций - возможности быстро создавать и отбрасывать множество вариантов;

- визуализации абстракций - превращению инженерной идеи в наглядную 3D-модель;

- верификации решений - проверке собираемости, расчёту характеристик, выявлению слабых мест концепции;

- доступности - распространённость и дружественный интерфейс делают «КОМПАС-3D» идеальным полигоном для учебного технического творчества.

Таким образом, интеграция проектной деятельности, построенной вокруг решения реальных или учебных производственных проблем, и возможностей САПР «КОМПАС-3D» создаёт уникальное дидактическое условие для целенаправленного формирования инновационного мышления у будущих техников-технологов.

Проблема исследования формулируется как *противоречие* между:

- объективной необходимостью подготовки конкурентоспособных специалистов для машиностроения, обладающих развитым инновационным мышлением, и недостаточной методической разработанностью моделей и педагогических технологий, которые целенаправленно используют цифровые САПР-среды (в частности, «КОМПАС-3D») не для копирования, а для порождения инновационного мышления в рамках проектного обучения у студентов СПО.

Объект исследования: развитие инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения».

Предмет исследования: использование программы «КОМПАС-3D» как условие развития инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 в процессе проектной деятельности.

Цель исследования: теоретически обосновать, разработать и экспериментально проверить педагогическую модель развития инновационного мышления у обучающихся специальности 15.02.16 через специально организованную проектную деятельность в среде САПР «КОМПАС-3D».

Задачи исследования:

1. На основе анализа психолого-педагогической и технической литературы уточнить сущность, структуру и критерии инновационного мышления применительно к деятельности техника-технолога машиностроения; раскрыть дидактический потенциал проектной деятельности и САПР «КОМПАС-3D» для его развития.

2. Разработать и теоретически обосновать структурно-функциональную педагогическую модель формирования инновационного мышления средствами проектной деятельности в среде «КОМПАС-3D».

3. Провести констатирующий этап эксперимента: диагностировать исходный уровень развития компонентов инновационного мышления у обучающихся Лысьвенского филиала ПНИПУ по специальности 15.02.16.

4. Организовать и провести формирующий эксперимент по апробации разработанной модели в учебном процессе ЛФ ПНИПУ.

5. Разработать комплекс контрольно-измерительных материалов, оценить динамику развития инновационного мышления, статистически обработать и интерпретировать полученные результаты.

6. Разработать методические указания по лабораторным работам с дифференцированными заданиями.

7. Сформулировать основные выводы и педагогические условия успешной реализации разработанной методики.

Гипотеза исследования. Развитие инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 будет более эффективным, если:

1) в образовательный процесс внедрена педагогическая модель, ядром которой является последовательность проектных заданий возрастающей сложности (от модернизации до концептуального проектирования), реализуемая средствами «КОМПАС-3D»;

2) работа в САПР строится не по принципу «начертить по образцу», а по принципу «спроектировать, проверить и улучшить», с акцентом на поиск альтернативных решений и их сравнительный анализ;

3) используются специальные методы активизации творчества (мозговые штурмы, метод фокальных объектов, элементы ТРИЗ) на этапе генерации идей, а среда «КОМПАС-3D» задействуется для их быстрой материализации и верификации.

Методологическая основа исследования. Исследование базируется на совокупности взаимодополняющих подходов. Системный подход (В.Г. Афанасьев, И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин) позволяет рассматривать процесс формирования инновационного мышления как целостную педагогическую систему. Деятельностный подход (Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн) обосновывает проектную деятельность как ведущий механизм развития мышления. Личностно-ориентированный подход (Е.В. Бондаревская, В.В. Сериков, И.С. Якиманская) требует учёта субъектного опыта студентов и создания ситуаций выбора и ответственности. Компетентностный подход (В.А. Болотов, Э.Ф. Зеер, А.В. Хуторской) ориентирует исследование на достижение измеримых практических результатов. В качестве специальной методологии используются положения теории решения изобретательских задач (Г.С. Альтшуллер) и концепции проектного обучения (Н.Ю. Пахомова, И.А. Зимняя) [1; 5; 16; 25; 32].

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовался комплекс теоретических и эмпирических методов. Теоретические методы: анализ психолого-педагогической, методической и технической литературы по проблеме исследования; систематизация и обобщение теоретических положений; моделирование педагогической системы. Эмпирические методы: педагогический эксперимент (констатирующий, формирующий, контрольный этапы); тестирование (адаптированные методики диагностики креативности); анкетирование и опросы студентов; метод экспертных оценок; включённое наблюдение за деятельностью студентов в ходе проектной работы; анализ продуктов деятельности (3D-моделей, чертежей, проектной документации). Статистические методы: методы первичной описательной статистики,

критерий Манна-Уитни для сравнения независимых выборок, качественный и количественный контент-анализ.

Теоретическая значимость работы заключается в уточнении сущности, структуры и уровней инновационного мышления применительно к специалисту среднего звена, а также разработке определения понятия «инновационное мышление»; разработке и теоретическом обосновании педагогической модели формирования инновационного мышления средствами проектной деятельности в среде САПР «КОМПАС-3D».

Практическая значимость исследования. Разработанная педагогическая модель и учебно-методическое обеспечение могут быть непосредственно использованы в образовательном процессе организаций СПО, реализующих подготовку по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения». Предложенный банк кейс-заданий (9 кейсов на основе ТРИЗ) и методические указания по их выполнению готовы к внедрению в практику преподавания дисциплин «Компьютерная графика», «Инженерная графика», «Технологическое проектирование». Разработанные критерии оценки и чек-листы для самооценки могут быть адаптированы для других технических специальностей. Результаты исследования могут быть использованы преподавателями и методистами для модернизации рабочих программ и фондов оценочных средств в части, направленной на развитие инновационного мышления студентов.

База исследования: Лысьвенский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета (ЛФ ПНИПУ), специальность 15.02.16 «Технология машиностроения».

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО МЫШЛЕНИЯ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1.1 Историография исследуемого вопроса

Для понимания современного состояния проблемы развития инновационного мышления у обучающихся системы среднего профессионального образования необходимо проследить эволюцию научных представлений о природе, механизмах и условиях формирования творческих, технических и инновационных способностей. Историографический анализ позволяет выявить логику развития исследовательской мысли, установить преемственность идей и определить место настоящего исследования в общем контексте психолого-педагогических и инженерно-технических изысканий.

1.1.1 Зарождение идей развития технического и творческого мышления в отечественной и зарубежной науке (конец XIX – середина XX века)

Проблема развития мышления в процессе обучения и профессиональной деятельности начала систематически изучаться на рубеже XIX-XX веков. В этот период, связанный с индустриализацией и усложнением технических систем, возник запрос на подготовку специалистов, способных не только обслуживать, но и совершенствовать производство.

В зарубежной психологии значительный вклад в изучение интеллекта и мышления внесли работы Ж. Пиаже, который разработал теорию стадиального развития интеллекта, и Л. Терстоуна, выделившего множественность первичных умственных способностей. В контексте профессиональной деятельности особое значение приобрели исследования Ф. Тейлора и А. Файоля, заложивших основы научной организации труда, однако их подход был ориентирован преимущественно на исполнительскую дисциплину, а не на творчество.

В отечественной психологии и педагогике в 1920–1930-е годы активно развивались идеи трудовой школы и политехнического образования. П.П. Блонский, С.Т. Шацкий, А.С. Макаренко в своих работах подчёркивали

значение практической деятельности для умственного развития учащихся [8; 16]. Однако в силу исторических обстоятельств (идеологизация образования, разгром педологии) многие перспективные направления были свёрнуты.

В середине XX века начинается систематическое изучение творческого мышления. Дж. Гилфорд, выступивший в 1950 году с программной речью о необходимости исследования креативности, предложил модель структуры интеллекта, в которой впервые выделил дивергентное и конвергентное мышление [1]. Его ученик Е.П. Торренс разработал батарею тестов креативности, получивших широкое распространение во всём мире. Эти работы создали методологическую базу для последующих исследований творческих способностей, в том числе в инженерной деятельности.

1.1.2 Развитие исследований технического мышления и инженерного творчества (1960–1980-е годы)

В 1960–1970-е годы в советской психологии и педагогике активно развивалось направление, связанное с изучением технического мышления. Т.В. Кудрявцев в своих работах определил техническое мышление как способность к оперированию техническими образами, пониманию логики работы технических систем, их конструктивных особенностей и ограничений. Он показал, что техническое мышление формируется не стихийно, а требует специально организованного обучения, включающего решение конструкторских и технологических задач [20].

В этот же период Г.С. Альтшуллер и его последователи разработали теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ) [1]. В отличие от методов «проб и ошибок», ТРИЗ предложила системный подход к выявлению и разрешению технических противоречий, что позволило целенаправленно обучать изобретательской деятельности. Основные идеи ТРИЗ – идеальный конечный результат, вепольный анализ, система стандартов на решение изобретательских задач, – нашли применение в инженерном образовании и до сих пор сохраняют свою актуальность [17].

В зарубежной науке в эти же годы получили развитие исследования стилей мышления и инженерного творчества. Д. Гилфорд, продолжая работу над структурой интеллекта, ввёл понятие «социальный интеллект». Э. де Боно разработал метод «латерального мышления» и технику «шести шляп», позволяющую структурировать процесс генерации и оценки идей. Его подходы были активно восприняты в управленческом консалтинге, но в педагогику инженерного образования вошли лишь частично.

В советской педагогике технических дисциплин в этот период доминировал знаниево-репродуктивный подход, ориентированный на формирование у студентов твёрдых знаний и умений выполнять стандартные операции [32]. Проблема развития творческих способностей если и ставилась, то чаще всего на уровне деклараций, не подкреплённых методическими разработками. Исключение составляли работы П.М. Якобсона, Е.Н. Кабановой-Меллер и других исследователей, изучавших механизмы переноса знаний и формирования обобщённых приёмов умственной деятельности.

1.1.3 Исследования креативности и инновационности в постсоветский период (1990–2010-е годы)

Распад СССР и переход к рыночной экономике, а затем и интеграция России в мировое образовательное пространство привели к изменению акцентов в педагогике профессионального образования. В 1990-е годы в отечественную науку активно проникают западные концепции креативности, критического мышления и личностно-ориентированного обучения [44; 45].

Д.Б. Богоявленская, разработавшая концепцию интеллектуальной активности, ввела понятие «креативность как выход за пределы заданного». Её диагностическая методика «Креативное поле» позволила объективно оценивать способность человека к порождению новых идей в условиях, не требующих этого непосредственно. В.Н. Дружинин, А.Л. Галин и другие исследователи изучали соотношение креативности и интеллекта, показав, что высокий интеллект является необходимым, но не достаточным условием креативности.

В области инженерного образования значительные результаты получены в исследованиях В.П. Большакова [5], В.Д. Шадрикова, А.М. Новикова [24]. Новиков в своих работах по методологии профессионального образования обосновал необходимость перехода от квалификационного подхода к компетентностному, что было закреплено в Федеральных государственных образовательных стандартах нового поколения [38]. А.В. Хуторской разработал дидактическую эвристику – направление, ориентированное на обучение студентов созданию новых образовательных продуктов [42].

В этот же период начинают активно разрабатываться методы проектного обучения в инженерной подготовке. И.А. Зимняя [16], Н.Ю. Пахомова [25], В.В. Гузеев показали, что проектная деятельность, в отличие от репродуктивных форм обучения, создаёт условия для формирования самостоятельности, инициативности и творческого подхода. Однако исследования этого периода были в основном общепедагогическими и не учитывали специфику цифровых инструментов, таких как САПР.

1.1.4 Современные исследования инновационного мышления и цифровой трансформации инженерного образования (2010-е – настоящее время)

С начала 2010-х годов в связи с четвёртой промышленной революцией (Индустрия 4.0) проблема развития инновационного мышления приобретает особую актуальность. Появляются исследования, посвящённые формированию цифровых компетенций и инновационной культуры будущих инженеров.

В зарубежной науке активно развиваются концепции «инженерного мышления» (engineeringthinking), «дизайн-мышления» (designthinking) и «вычислительного мышления» (computationalthinking). Р. Мартин, Т. Браун и другие исследователи показали, что дизайн-мышление, включающее этапы эмпатии, определения проблемы, генерации идей, прототипирования и тестирования, может быть эффективно использовано в инженерном образовании.

В отечественной науке последних лет следует отметить исследования В.В. Серикова, посвящённые личностно-ориентированному образованию и формированию субъектной позиции обучающегося [15; 32]. Он показал, что инновационное мышление не может быть сформировано в рамках традиционной «знаниевой» парадигмы – оно требует создания особых образовательных ситуаций, в которых студент проявляет инициативу, ответственность и творчество.

Важное значение для настоящего исследования имеют работы, посвящённые применению САПР в инженерном образовании. А.А. Богуславский, В.П. Демин, И.В. Житкова [14] и другие авторы показали, что системы трёхмерного моделирования могут использоваться не только как инструмент черчения, но и как среда для развития пространственного мышления и технического творчества. Однако, как отмечают многие исследователи (в том числе Т.Ю. Рыжкова и А.С. Петров [31]), потенциал САПР в этом направлении раскрыт недостаточно.

Анализ диссертационных исследований последних лет показывает, что проблема формирования инновационного мышления рассматривается преимущественно на уровне высшего образования (бакалавриат, магистратура). Исследований, адресованных системе среднего профессионального образования, значительно меньше. Среди них следует выделить работы И.В. Гребнева (формирование компетенций в области компьютерного моделирования) [12], Э.Ф. Зеера [15] (психология профессионального образования), а также ряд публикаций, посвящённых применению ТРИЗ в СПО.

Проведённый историографический анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Изучение творческого, технического и инновационного мышления прошло путь от общих психологических теорий (Гилфорд, Пиаже) [11] через разработку конкретных методик развития (ТРИЗ, латеральное мышление) [1;

15] к современным концепциям, учитывающим цифровую трансформацию профессиональной деятельности.

2. В отечественной педагогике накоплен значительный опыт формирования технического и творческого мышления, однако он преимущественно ориентирован на систему высшего образования [5; 24]. Среднее профессиональное образование оставалось в тени исследовательского внимания, хотя именно специалисты среднего звена (техники-технологи) составляют основу кадрового потенциала машиностроительных предприятий.

3. Потенциал САПР, в частности отечественной системы «КОМПАС-3D», как средства развития инновационного мышления раскрыт недостаточно [14; 31]. Большинство исследований используют САПР как инструмент черчения или моделирования, но не как среду для генерации, проверки и верификации инновационных идей.

4. Наблюдается разрыв между требованиями современного производства (Индустрия 4.0, цифровые двойники, аддитивные технологии) и содержанием подготовки техников-технологов, который не преодолён в полной мере до настоящего времени [20; 12].

5. Настоящее исследование призвано восполнить этот пробел, предложив педагогическую модель и учебно-методическое обеспечение для формирования инновационного мышления у обучающихся СПО по специальности 15.02.16 средствами проектной деятельности в среде САПР «КОМПАС-3D» с опорой на приёмы ТРИЗ.

1.2 Инновационное мышление как педагогическая категория

Для эффективного проектирования образовательного процесса, направленного на подготовку специалистов, способных генерировать и реализовывать новые идеи в профессиональной сфере, необходимо прежде всего уточнить сущность ключевого понятия «инновационное инженерное мышление». Без четкого определения его структуры, содержания и функций любая педагогическая модель рискует остаться декларативной и не имеющей

операционального наполнения. Данный параграф посвящен теоретическому анализу этого феномена в контексте подготовки техников-технологов машиностроения по специальности 15.02.16, а также рассмотрению методологических подходов, на которых базируется его формирование.

1.2.1 Эволюция понятия «мышление» в психолого-педагогической науке

Прежде чем перейти к рассмотрению инновационного мышления, необходимо обозначить его родовую категорию – «мышление». В психолого-педагогической науке мышление традиционно определяется как высший познавательный процесс, характеризующийся опосредованным и обобщенным отражением действительности, установлением связей и отношений между объектами и явлениями [21; 16]. Это процесс решения задач, проблем, заключающийся в переходе от условий к результату, от неизвестного к известному [8].

В контексте профессионального образования особое значение приобретают виды мышления, связанные с практической и технической деятельностью. Классические исследования выделяют наглядно-действенное (решение задачи через реальное преобразование ситуации), наглядно-образное (оперирование образами предметов) и словесно-логическое (оперирование понятиями) мышление. В инженерно-технической сфере ключевую роль играет также техническое мышление – комплекс интеллектуальных способностей, обеспечивающих успешное решение конструкторских, технологических и эксплуатационных задач. По определению Т.В. Кудрявцева, техническое мышление – это способность к оперированию техническими образами, пониманию логики работы технических систем, их взаимосвязей и ограничений [20].

Однако современное производство предъявляет более сложные требования. От специалиста требуется не просто решать технические задачи, но и создавать нечто новое, обладающее ценностью. Это выводит нас на проблематику творческого (креативного) мышления. Дж. Гилфорд, один из первых исследователей креативности, выделил два типа мышления:

конвергентное (направленное на поиск единственно правильного решения) и дивергентное (направленное на генерацию множества решений одной проблемы) [11]. Именно дивергентное мышление, наряду с такими характеристиками, как беглость, гибкость, оригинальность и разработанность идей, лежит в основе творческой деятельности.

Инновационное мышление, являясь более узким и специализированным понятием, интегрирует в себе черты технического (предметная область – техника и технология) и творческого (направленность на создание нового) мышления. Оно представляет собой их синтез, дополненный специфическими компонентами, связанными с оценкой и внедрением новшества.

1.2.2 Определение инновационного мышления в контексте инженерной деятельности

В научной литературе отсутствует единое, общепринятое определение инновационного мышления. Анализ работ позволяет выделить несколько подходов. В исследованиях по педагогике и психологии творчества (Д.Б. Богоявленская, А.В. Хуторской) акцент делается на личностной способности выходить за пределы заданного, видеть новое в стандартном [42]. В работах по инновационному менеджменту и организационному поведению (А.И. Пригожин, П. Друкер) инновационное мышление чаще связывают с процессом генерации и коммерциализации идей.

Для целей нашего исследования, ориентированного на подготовку техника-технолога в сфере машиностроения, наиболее релевантным является интегративное определение, предложенное В.В. Сериковым и уточненное применительно к техническим специальностям [15; 32]. Под инновационным инженерным мышлением мы будем понимать интегративное качество личности специалиста, включающее систему когнитивных, мотивационных и деятельностных характеристик, которое обеспечивает способность к системному выявлению проблем и противоречий в профессиональной сфере, генерации оригинальных технических и технологических идей, их критическому анализу, проектированию и практической реализации в виде

конкурентоспособных и обладающих ценностью продуктов (изделий, процессов, решений).

Ключевые характеристики этого определения: интегративность (объединяет разные компоненты: знания, мотивы, умения); проблемная ориентированность (начинается с видения проблемы или противоречия); продуктивность (результатом является не просто идея, а доведённое до практической реализации решение); ценностный аспект (новшество должно быть не просто «новым», но и полезным – технологичным, экономически эффективным, безопасным).

1.2.3 Структура инновационного инженерного мышления

Опираясь на концепции умственного воспитания И.Я. Лернера и теорию формирования технического мышления [20], мы выделяем в структуре инновационного инженерного мышления три взаимосвязанных компонента: когнитивный, личностно-мотивационный и деятельностно-практический. Такое деление позволяет не только описать феномен, но и операционализировать его для последующей диагностики и целенаправленного формирования.

Когнитивный компонент представляет собой систему знаний, интеллектуальных операций и когнитивных стратегий, которые использует специалист при решении инновационных задач. Он включает: системное техническое знание – понимание строения, принципов работы, ограничений и возможностей технических объектов и технологических процессов как целостных систем; дивергентное мышление – способность генерировать множество различных вариантов решения одной и той же технической или технологической проблемы, характеризующуюся беглостью, гибкостью и оригинальностью; антиципационные способности (прогностичность) – умение предвидеть последствия принятых решений; комбинаторные способности – умение соединять известные элементы в новых комбинациях; критическое мышление – способность к рефлексивной оценке собственных и чужих идей, выявлению их сильных и слабых сторон [11].

Личностно-мотивационный компонент выступает в роли «энергетического ядра» инновационного мышления. Он включает: чувствительность к проблемам (интеллектуальная инициатива) – способность видеть несовершенства и противоречия там, где другой специалист видит привычную ситуацию; толерантность к неопределенности – готовность работать в условиях неполноты информации, отсутствия однозначных алгоритмов и высокого риска неудачи; мотивацию достижения и самореализации – внутреннюю потребность в решении сложных задач, создании нового; настойчивость и целеустремленность – способность доводить замысел до практического результата; рефлексивность – способность осознавать, анализировать и оценивать собственные мыслительные действия [15; 44].

Деятельностно-практический компонент включает: способность к техническому воплощению замысла – умение перевести абстрактную идею в форму эскиза, чертежа, трехмерной модели; навык прототипирования и итерационного улучшения – понимание логики цикла «проект – проверка – анализ ошибок – доработка»; технологическое мышление – умение оценивать идею с позиций «как это можно изготовить?», «какое оборудование потребуется?», «насколько это экономически целесообразно?»; коммуникативные и коллаборативные навыки – способность представить и защитить свой проект, аргументировать его преимущества, работать в команде; навыки самоорганизации – умение планировать проектную деятельность, распределять время, искать необходимую информацию [5; 12].

1.2.4 Уровни развития инновационного мышления

Для последующей диагностики и оценки эффективности педагогической модели необходимо выделить уровни сформированности инновационного мышления. Опираясь на работы В.П. Беспалько об уровнях усвоения и Ю.К. Бабанского о творческой активности, а также на исследования Э.Ф. Зеера в области психологии профессионального образования [15], мы предлагаем четырёхуровневую шкалу применительно к студентам системы среднего

профессионального образования, осваивающим специальность 15.02.16 «Технология машиностроения».

Первый, репродуктивный уровень (низкий) характеризуется тем, что студент способен выполнять задания только по образцу, строго следуя инструкции. Собственные технические идеи практически не генерируются, а если и возникают, то носят случайный или примитивный характер. В проектной деятельности студент на этом уровне ограничивается точным копированием предложенной модели или чертежа, не проявляет инициативы по их улучшению или модификации. При возникновении нестандартной задачи, выходящей за рамки алгоритма, студент испытывает значительные затруднения и, как правило, обращается за помощью к преподавателю. Этот уровень соответствует начальному этапу освоения дисциплины, когда формируются базовые навыки работы в САПР.

Второй, адаптивный уровень (средний) проявляется в способности студента модифицировать известное решение применительно к изменившимся условиям, вносить небольшие улучшения в существующий объект. Студент может не просто скопировать деталь, но и изменить её размеры, форму отдельных элементов, адаптировать чертёж под новую задачу. Однако эти изменения, как правило, носят частный характер и не затрагивают конструкцию или технологический процесс в целом. Студент начинает осознанно выбирать из нескольких предложенных преподавателем вариантов решения, но самостоятельно выйти на генерацию принципиально новых идей пока не может. Этот уровень является промежуточным и достигается большинством студентов при традиционной организации обучения [38].

Третий, эвристический уровень (выше среднего) является целевым для выпускника колледжа с точки зрения развития инновационного мышления. На этом уровне студент способен самостоятельно генерировать новые технические или технологические идеи, выдвигать гипотезы, пробовать разные подходы к решению одной и той же задачи, даже если не все попытки оказываются успешными. В проектной деятельности студент не ждёт готового

образца, а сам формулирует проблему, ищет информацию, предлагает несколько альтернативных концепций и выбирает наиболее перспективную после их сравнительного анализа. При этом он способен аргументировать свой выбор, ссылаясь на технологические, экономические или эксплуатационные критерии. Студент эвристического уровня уже не боится отступать от шаблона, но его новшества чаще всего представляют собой удачную комбинацию известных элементов или небольшую модернизацию существующего аналога, а не кардинально новое решение.

Четвёртый, креативный уровень (высокий) – это уровень, выходящий за рамки обязательных требований к выпускнику СПО, но достижимый для наиболее мотивированных и одарённых студентов. На этом уровне студент создаёт концептуально новые, оригинальные решения, видит технические и технологические проблемы там, где другие их не замечают, способен к длительной самостоятельной проектной работе с высокой степенью неопределённости. Продукты деятельности студента креативного уровня отличаются не только качественным исполнением, но и новизной замысла, неочевидностью использованных решений. Такой студент может предложить несколько принципиально разных способов решения одной задачи, причём каждый из способов будет проработан на уровне, позволяющем оценить его достоинства и недостатки [42].

1.2.5 Функции инновационного инженерного мышления

Чтобы конкретизировать, для чего именно техник-технолог в своей профессиональной деятельности использует инновационное мышление, выделим его основные функции. Диагностическая функция заключается в обнаружении проблем, узких мест, неэффективных операций в существующем технологическом процессе или конструкции изделия. Инновационное мышление позволяет увидеть «что можно улучшить» там, где всё кажется привычным. Прогностическая функция связана с предвидением последствий внедрения новшества: как изменится себестоимость, трудоемкость, качество, надежность. Проектно-конструктивная функция обеспечивает создание образа

будущего решения и его материализацию в виде чертежа, 3D-модели, технологической карты. Оценочно-селективная функция позволяет сравнить несколько альтернативных идей по системе критериев и выбрать наилучшую. Рефлексивно-корректирующая функция направлена на анализ собственных ошибок в ходе проектной деятельности и корректировку первоначального замысла [32; 12].

1.2.6 Отличие инновационного мышления от смежных понятий

Для чёткости категориального аппарата и исключения терминологической путаницы необходимо разграничить инновационное мышление с близкими, но не тождественными психолого-педагогическими понятиями. Наиболее часто смешение происходит с понятиями креативного (творческого) мышления, критического мышления, технического мышления и проектного мышления.

Инновационное мышление и креативное (творческое) мышление. Креативность – это способность порождать новые, оригинальные идеи и находить нестандартные способы решения задач. Инновационное мышление включает креативность как свой необходимый компонент, но не сводится к ней. Ключевое отличие заключается в том, что креативность не требует обязательной практической реализации идеи и её оценки с точки зрения полезности, эффективности, технологичности. Можно придумать множество оригинальных, но совершенно бесполезных или неосуществимых в данных условиях идей – и это будет проявлением креативности, но не инновационного мышления. Инновационное мышление, напротив, всегда ориентировано на внедрение и результат. Оно включает в себя не только генерацию, но и критический отбор, доработку и доведение идеи до стадии, когда она может быть реализована на практике с получением конкретного полезного эффекта [5; 42].

Инновационное мышление и критическое мышление. Критическое мышление – это способность к рефлексивной оценке информации, аргументов, утверждений, к выявлению логических ошибок, необоснованных

допущений и скрытых предпосылок. Оно направлено на анализ уже существующего, на проверку истинности и обоснованности. Инновационное мышление также включает в себя критический компонент – невозможно создать новое качественное решение, не умея критически оценивать как существующие аналоги, так и собственные гипотезы. Однако, в отличие от критического мышления, которое может ограничиваться разрушением неправильных или слабых идей, инновационное мышление обязательно выходит на позитивную конструктивную стадию – создание нового, лучшего. Кроме того, чрезмерная критичность на ранних этапах генерации идей может тормозить творческий процесс, поэтому инновационное мышление предполагает уместное чередование дивергентных и конвергентных фаз [11].

Инновационное мышление и техническое мышление. Техническое мышление – это способность оперировать техническими образами, понимать логику работы технических систем, их конструктивные особенности, функциональные связи и ограничения [20]. Это необходимое условие для любой инженерной деятельности, включая инновационную. Однако техническое мышление может быть преимущественно репродуктивным. Техник с хорошо развитым техническим мышлением способен быстро понять устройство любого станка или прибора, прочитать и выполнить сложный чертёж, найти неисправность в знакомой системе. Но это не гарантирует, что он сможет создать нечто новое – спроектировать усовершенствованный узел, предложить новый технологический процесс, найти оригинальное решение старой проблемы. Инновационное мышление, таким образом, представляет собой техническое мышление, «нагруженное» творческими механизмами и мотивацией на преобразование, а не только на воспроизведение.

Инновационное мышление и проектное мышление. Проектное мышление – это способность выстраивать деятельность по логике «от замысла до результата», планировать этапы, распределять ресурсы, прогнозировать риски, организовывать работу в команде [16; 25]. Оно шире, чем инновационное мышление, поскольку может применяться в самых разных

сферах и не обязательно связано с созданием технически нового продукта. Инновационное мышление, в свою очередь, может проявляться и вне проектной логики (например, как мгновенная догадка, озарение). Однако в образовательном контексте эти два понятия тесно пересекаются: проектная деятельность является наиболее эффективной организационной формой для развития инновационного мышления, поскольку именно проект задаёт временную, ресурсную и целевую рамку, превращая разрозненные творческие порывы в целенаправленную инновационную деятельность [25].

1.2.7 Методологические подходы к формированию инновационного мышления

Для построения педагогической модели формирования инновационного мышления необходимо определить методологические основания исследования. Методологический подход представляет собой совокупность принципов, идей и способов организации деятельности, которые задают стратегию исследования и практического преобразования образовательного процесса. В данном исследовании выделяются четыре взаимосвязанных подхода: системный, деятельностный, личностно-ориентированный и компетентностный. Каждый из них вносит свой вклад в понимание природы, механизмов и условий формирования исследуемого феномена, а в совокупности они образуют целостную методологическую базу.

Системный подход (В.Г. Афанасьев, И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин) является общенаучной основой исследования. Он требует рассмотрения любого явления как целостной системы, состоящей из взаимосвязанных элементов, обладающей новыми свойствами, отсутствующими у отдельных компонентов, и функционирующей в определенной среде. Применительно к нашему исследованию системный подход позволяет рассматривать инновационное мышление как систему, включающую когнитивный, личностно-мотивационный и деятельностно-практический компоненты; представить процесс обучения как педагогическую систему (цель, содержание, методы, средства, формы, субъекты, диагностику); учитывать внешние связи

образовательной системы (требования работодателей, тенденции цифровизации промышленности); выделить системообразующий фактор – проектную деятельность в среде САПР «КОМПАС-3D» [14; 12].

Деятельностный подход (Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн) утверждает, что психика и сознание человека формируются и проявляются в деятельности. Мышление не является врожденной способностью, оно развивается через включение человека в активное преобразование окружающей действительности. Для нашего исследования деятельностный подход имеет ключевое значение, поскольку: мышление формируется в деятельности – инновационное мышление нельзя «передать» через лекции, оно развивается только тогда, когда студент сам сталкивается с проблемой, ищет варианты, ошибается, пробует снова; деятельность должна быть личностно значимой – учебный проект становится деятельностью, когда студент лично заинтересован в результате; внешняя деятельность интериоризуется во внутреннюю – сначала студент обсуждает идеи с преподавателем и сокурсниками, затем эти формы интеллектуальной коммуникации превращаются во внутренний диалог; деятельностный подход обосновывает роль САПР как опосредующего звена между замыслом и его реализацией [8; 21; 16].

Личностно-ориентированный подход (Е.В. Бондаревская, В.В. Сериков, И.С. Якиманская) смещает акцент с передачи знаний на развитие личности обучающегося, его субъектного опыта, ценностей и смыслов. В отличие от традиционного «знаниево-центрированного» обучения, где все студенты проходят один и тот же материал в едином темпе, личностно-ориентированный подход признает уникальность каждого студента и право на построение индивидуальной образовательной траектории. Для развития инновационного мышления этот подход имеет особое значение, поскольку: инновационность всегда субъектна – одна и та же техническая идея может быть «мертвой» для одного специалиста и «живой» для другого; необходим учет индивидуальных различий – вариативность заданий от базовых до

продвинутых; важна опора на субъектный опыт студентов; требуется создание личностно-развивающих ситуаций – ситуаций выбора, ответственности, творчества [15; 32; 44; 45].

Компетентностный подход (В.А. Болотов, Э.Ф. Зеер, А.В. Хуторской) является методологической базой современных Федеральных государственных образовательных стандартов. Он ориентирует образование не на накопление знаний («знаю, что»), а на способность действовать в разнообразных профессиональных и жизненных ситуациях («знаю, как и готов действовать»). Применительно к нашему исследованию компетентностный подход важен в следующих аспектах: инновационное мышление как ключевая компетенция – анализ ФГОС СПО по специальности 15.02.16 показывает, что требования к результатам освоения программы включают как профессиональные, так и общие компетенции, а развитое инновационное мышление является их интегратором; ориентация на результат – требуется четкое описание того, что студент должен демонстрировать по окончании обучения; контекстность обучения – учебные задания должны моделировать реальные производственные ситуации; оценивание компетенций – компетенцию можно оценить только через наблюдение за деятельностью студента в реальной или смоделированной ситуации [15; 38; 42].

1.2.8 Взаимосвязь подходов в рамках исследования

Четыре рассмотренных подхода не являются альтернативными или изолированными. В рамках нашего исследования они выполняют разные, но взаимодополняющие функции, образуя целостную методологическую рамку. Системный подход обеспечивает целостное видение педагогической модели, позволяет не упустить ни один из её компонентов и учесть связи между ними. Деятельностный подход наполняет эту модель активностью студентов, обосновывает проектную деятельность как механизм развития мышления. Личностно-ориентированный подход вносит в модель гибкость и вариативность, требуя учёта индивидуальных особенностей и создания ситуаций личностного выбора. Компетентностный подход задаёт ориентацию

модели на конкретные, диагностируемые результаты, превращая философские рассуждения о творчестве в инструментальную задачу педагогического проектирования.

Все четыре подхода действуют не последовательно, а одновременно, дополняя и усиливая друг друга. Например, проектная деятельность, которую мы проектируем в рамках деятельностного подхода, одновременно должна быть личностно значимой (личностно-ориентированный подход), вписанной в целостную систему (системный подход) и приводить к измеримому приращению компетенций (компетентностный подход). Игнорирование любого из подходов приведёт к обеднению педагогической модели. Таким образом, методологическая база нашего исследования является полипарадигмальной, что соответствует сложности и многомерности изучаемого феномена – инновационного мышления будущего техника-технолога [15; 32; 42].

В данном параграфе выполнен теоретический анализ категории «инновационное инженерное мышление» применительно к подготовке техника-технолога по специальности 15.02.16. Уточнено определение: инновационное инженерное мышление – интегративное качество личности, обеспечивающее способность к выявлению профессиональных проблем, генерации новых технических и технологических идей, их критической оценке и практической реализации. Выделена трехкомпонентная структура: когнитивный, личностно-мотивационный и деятельностно-практический компоненты. Определены функции инновационного мышления в профессиональной деятельности технолога: диагностическая, прогностическая, проектно-конструктивная, оценочно-селективная, рефлексивно-корректирующая. Выделены четыре уровня развития инновационного мышления: репродуктивный (низкий), адаптивный (средний), эвристический (выше среднего) и креативный (высокий). Проведено разграничение с близкими понятиями: креативным, критическим, техническим и проектным мышлением. Определена методологическая база

исследования, объединяющая системный, деятельностный, личностно-ориентированный и компетентностный подходы. Это теоретическое уточнение создаёт основу для последующей разработки педагогической модели формирования инновационного мышления.

1.3 Педагогическая модель формирования инновационного мышления в процессе проектной деятельности

На основе теоретических положений, изложенных в предыдущих параграфах, включая уточнённую структуру инновационного инженерного мышления и обоснование методологических подходов к его формированию, возникает необходимость в разработке целостной педагогической модели. Модель выступает как промежуточное звено между теорией и практикой: она переводит общие принципы и подходы в язык конкретных педагогических действий, обеспечивая системность и воспроизводимость ожидаемых результатов. Данный параграф посвящён описанию структурно-функциональной модели формирования инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» в процессе проектной деятельности с использованием САПР «КОМПАС-3D» [14; 15; 32].

1.3.1 Понятие педагогической модели и требования к её построению

В педагогическом исследовании под моделью понимают мысленно представленную или материально реализованную систему, которая, отражая объект исследования, замещает его так, что изучение модели даёт новую информацию об этом объекте [24]. Педагогическая модель формирования инновационного мышления – это теоретически обоснованное описание того, как должна быть организована образовательная деятельность студентов, чтобы у них целенаправленно развивались когнитивный, личностно-мотивационный и деятельностно-практический компоненты инновационного мышления [5; 42].

При проектировании модели мы опирались на следующие требования. Целостность – модель должна охватывать все значимые компоненты педагогического процесса: цель, содержание, методы, средства, формы организации, диагностику и результат. Реалистичность – модель должна быть реализуема в реальных условиях образовательного учреждения (Лысьвенский филиал ПНИПУ) с учётом имеющихся ресурсов: времени, материально-технической базы, квалификации преподавателей. Системность – все компоненты модели должны быть взаимосвязаны и работать на достижение единой цели. Опора на методологические подходы – модель должна реализовывать принципы системного, деятельностного, личностно-ориентированного и компетентностного подходов, обоснованных в параграфе 1.2 [15; 32]. Диагностируемость результата – модель должна предусматривать возможность измерения степени достижения цели через систему критериев и уровней сформированности инновационного мышления [38].

1.3.2 Структура педагогической модели

Предлагаемая педагогическая модель формирования инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 в процессе проектной деятельности в среде САПР «КОМПАС-3D» включает пять взаимосвязанных блоков: целевой, методологический, содержательно-процессуальный, технологический и диагностико-результативный. Графическое представление модели представлено в виде рисунка 1 в ПРИЛОЖЕНИИ А. Такая структура отражает логику педагогического проектирования: от ответа на вопрос «зачем и для кого?» (целевой блок) через «на чём основывается?» (методологический) и «что и как делать?» (содержательно-процессуальный и технологический) к «как оценить результат?» (диагностико-результативный) [24; 25].

Целевой блок задаёт общую направленность модели. Его ядром является социальный заказ – потребность промышленности в специалистах среднего звена с развитым инновационным мышлением, способных к решению нестандартных профессиональных задач в условиях цифровой трансформации машиностроения [5; 38]. Этот заказ конкретизируется в требованиях ФГОС

СПО по специальности 15.02.16, где зафиксированы необходимость формирования как профессиональных компетенций (в области технологического проектирования), так и общих компетенций (связанных с поиском информации, самоорганизацией, работой в команде, использованием ИКТ). Цель модели формулируется как формирование инновационного мышления будущего техника-технолога машиностроения как интегративного качества личности (объединяющего когнитивный, личностно-мотивационный и деятельностно-практический компоненты) в процессе проектной деятельности с использованием САПР «КОМПАС-3D» [42].

Методологический блок фиксирует те подходы, на которые опирается модель. Как было обосновано в параграфе 1.2, это системный (обеспечивает целостность), деятельностный (обосновывает проектную деятельность как ведущий механизм), личностно-ориентированный (обеспечивает гибкость и учёт индивидуальности) и компетентностный (ориентирует на измеримый результат) подходы [15; 32]. Они обеспечивают целостность, активность, индивидуальную направленность и ориентацию на результат.

Содержательно-процессуальный блок является центральным с точки зрения ответа на вопрос «как именно происходит формирование инновационного мышления?». Он включает три ступени проектной деятельности (модули), которые последовательно проходят студенты в процессе обучения [25; 12].

Первая ступень – модуль «Лаборатория идей» направлен на развитие дивергентного мышления, чувствительности к проблемам и способности к генерации множества вариантов. На этом этапе студенты осваивают методы активизации творчества (мозговой штурм, метод фокальных объектов), учатся видеть технические противоречия и формулировать проблему. Результатом модуля является банк идей, из которых в дальнейшем выбираются наиболее перспективные для реализации. Работа в САПР на этом этапе минимальна (достаточно эскизов или простейших 3D-примитивов); основной инструмент – «бумага и карандаш», флипчарт, онлайн-доски для совместной работы [1; 17].

Вторая ступень – модуль «Оптимизация и модернизация» ориентирован на развитие аналитических, комбинаторных и антиципационных способностей. Студенты работают с существующими техническими объектами (деталями, узлами, технологическими процессами), анализируют их недостатки, предлагают улучшения, обосновывают ожидаемый эффект. САПР «КОМПАС-3D» используется уже активно – для создания 3D-моделей исходной и модернизированной деталей, для проверки собираемости, для расчёта массовых характеристик. Результатом модуля является проект модернизации (изменённая конструкция, оптимизированный процесс) с расчётом экономической или технологической эффективности [14; 12].

Третья ступень – модуль «Прорыв» представляет собой высший уровень сложности. Студенты решают открытые, плохо структурированные задачи, где нет аналога для улучшения – нужно создать нечто принципиально новое (концептуальное проектирование). Этот модуль максимально приближен к реальной инновационной деятельности, требует интеграции всех компонентов инновационного мышления и, как правило, выполняется в рамках курсового или дипломного проектирования. Студенты работают над индивидуальными или групповыми проектами, с обязательной публичной защитой [1; 17].

Каждый модуль имеет свою дидактическую логику, набор типовых заданий и ожидаемые результаты. Важно подчеркнуть, что переход от модуля 1 к модулю 3 не является жёстко детерминированным: некоторые студенты могут «застрять» на втором уровне, другие – с поддержкой преподавателя – выходить на третий. Модель предполагает вариативность и индивидуальную траекторию [32].

Технологический блок отвечает на вопрос «какими средствами и методами?». Ключевым средством выступает САПР «КОМПАС-3D», которая используется не как электронный кульман, а как инструмент прототипирования, проверки и визуализации идей [14]. В технологический блок входят: методы и приёмы: проектный метод (как основной), мозговой штурм (на этапе генерации), метод фокальных объектов (для поиска

неочевидных аналогов), элементы ТРИЗ (теории решения изобретательских задач) для анализа и разрешения технических противоречий, кейс-стади (разбор реальных производственных проблем), патентный поиск (формирование навыка работы с базами патентов) [1; 17].

Формы организации: индивидуальные проекты (для развития ответственности и глубинной проработки), микрогрупповые проекты на 2-3 человека (для развития коммуникативных навыков и умения работать в команде), творческие мастерские (краткосрочные интенсивные сессии генерации идей), публичная защита проектов (формирование навыков презентации и аргументации) [16; 25].

Этапы работы над проектом: реализуют общую логику проектной деятельности: проблематизация – целеполагание – планирование – поиск информации – генерация идей – выбор и обоснование – моделирование в САПР – анализ и доработка – презентация – рефлексия [25; 12].

Диагностико-результативный блок обеспечивает возможность оценить степень достижения цели. Он включает: критерии и показатели, операционализирующие три компонента инновационного мышления. Для когнитивного компонента – оригинальность идей (степень отличия от известных аналогов), системность (учёт взаимосвязей в техническом объекте), прогностичность (способность предвидеть последствия изменений). Для деятельностного компонента – качество созданной модели (соответствие заданию, технологичность, полнота документации), обоснованность принятых решений (аргументация выбора варианта), эффективность (достижение поставленных технико-экономических показателей). Для личностного компонента – убеждённость в ценности инновационной деятельности, готовность к интеллектуальному риску, рефлексивность (способность анализировать свои успехи и неудачи) [15; 38; 42].

Уровни сформированности: репродуктивный (низкий), адаптивный (средний), эвристический (выше среднего) и креативный (высокий).

Подробная характеристика уровней дана в параграфе 1.2. Целевым уровнем для выпускника является эвристический [5].

Диагностический инструментарий: тесты креативности (например, адаптированные варианты тестов Дж. Гилфорда или Е.П. Торренса), включённое наблюдение за деятельностью студентов в ходе проекта, экспертные карты для оценки проектных работ (заполняемые преподавателем и приглашёнными экспертами), самооценка студента по чек-листам [11].

Результат модели – это повышение уровня сформированности инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16, что проявляется в их готовности к решению нестандартных профессиональных задач в цифровой среде, в способности не только использовать готовые алгоритмы, но и создавать новые, более эффективные решения [5; 42].

1.3.3 Функционирование модели: взаимодействие блоков и обратная связь

Педагогическая модель не является статичной схемой – она описывает динамический процесс. Взаимодействие блоков можно представить следующим образом. Социальный заказ и требования ФГОС (целевой блок) определяют, какое именно качество необходимо сформировать. Это целеполагание задаёт содержание проектной деятельности (содержательно-процессуальный блок) и выбор методов, средств и форм (технологический блок). При этом методологический блок служит «фильтром» и обоснованием: все решения о содержании и технологиях должны быть согласованы с системным, деятельностным, личностно-ориентированным и компетентностным подходами [15; 32].

В ходе реализации модели преподаватель и студенты проходят последовательные этапы проектной деятельности. На каждом этапе осуществляется текущая диагностика (через наблюдение, промежуточные отчёты, обсуждения). Результаты текущей диагностики позволяют корректировать деятельность: например, если группа студентов испытывает трудности с генерацией идей, можно провести дополнительный тренинг по

методам мозгового штурма; если модель в САПР получается некачественной – организовать консультацию по работе с программой. Это обратная связь внутри модели [25].

Итоговая диагностика (по завершении модуля или всего курса) даёт оценку достигнутого уровня инновационного мышления. Эта оценка – не только констатация, но и основа для рефлексии студента и корректировки модели (если результаты систематически ниже ожидаемых, необходимо пересмотреть содержание или методы). Таким образом, модель является адаптивной и самонастраивающейся, что соответствует современным представлениям о гибких педагогических системах [24; 42].

1.3.4 Обоснование выбора трёхступенчатой структуры

Выделение трёх ступеней проектной деятельности (модули 1–3) не случайно. Оно опирается на дидактический принцип «от простого к сложному». Модуль 1 не требует владения САПР на высоком уровне – на этом этапе достаточно эскизов, зарисовок, текстовых описаний. Это позволяет включить в проектную деятельность даже студентов с низкой начальной подготовкой. Модуль 2 требует уже уверенного владения базовыми функциями «КОМПАС-3D». Модуль 3 предполагает свободное владение программой на уровне, позволяющем быстро реализовывать сложные замыслы [14; 12].

Выбор трёх ступеней также соответствует логике развития мышления: сначала – дивергенция (много идей, без критики); затем – анализ и отбор (сравнение, оценка, выбор лучшего); затем – синтез нового на основе предыдущих этапов. Такая последовательность соответствует известным моделям творческого процесса (Уоллес, Осборн, Пойа) и подтверждена практикой проектного обучения [1; 25].

Трёхступенчатая структура также обеспечивает реалистичность для системы СПО. Она позволяет вписать проектную деятельность в учебный план: модуль 1 может быть реализован в рамках одной дисциплины («Компьютерная графика»), модуль 2 – в рамках курсового проектирования по профильным дисциплинам, модуль 3 – в рамках выпускной

квалификационной работы (диплома). Тем самым не требуется специального выделения дополнительных часов [38].

1.3.5 Условия эффективной реализации модели

На основе теоретического анализа и опыта практической работы мы выделяем следующие педагогические условия, необходимые для успешного функционирования модели [15; 32; 25].

Мотивационная готовность преподавателя. Реализация модели требует от преподавателя смены позиции: с транслятора знаний на фасилитатора проектной деятельности. Преподаватель должен владеть методами активизации творчества, уметь организовать групповую работу, давать не директивные, а «развивающие» советы.

Материально-техническое обеспечение. Необходим доступ к лицензионному программному обеспечению «КОМПАС-3D» на каждом рабочем месте студента, а также возможность 3D-печати (хотя бы одного принтера на группу) и/или доступа к станкам с ЧПУ для изготовления прототипов [14].

Методическое обеспечение. Разработанный банк проектных заданий разного уровня сложности, чек-листы для самооценки, экспертные карты, методические рекомендации для преподавателя – всё это составляет учебно-методический комплекс, без которого модель остаётся декларацией.

Временные ресурсы. Проектная деятельность требует больше времени, чем традиционные упражнения. Необходимо либо выделять часы на самостоятельную работу, либо интегрировать проектную деятельность в аудиторную нагрузку за счёт сокращения репродуктивных заданий.

Система поддержки и рефлексии. Регулярные консультации, промежуточные «смотрины» проектов, фасилитируемые рефлексивные сессии – обязательные элементы сопровождения студентов.

При соблюдении этих условий модель может быть успешно внедрена в образовательный процесс Лысьвенского филиала ПНИПУ и других учреждений СПО, реализующих специальность 15.02.16 [12].

В данном параграфе разработана педагогическая модель формирования инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 в процессе проектной деятельности в среде САПР «КОМПАС-3D». Модель включает пять взаимосвязанных блоков: целевой (социальный заказ, ФГОС, цель), методологический (системный, деятельностный, личностно-ориентированный, компетентностный подходы), содержательно-процессуальный (три модуля: «Лаборатория идей», «Оптимизация и модернизация», «Прорыв»), технологический (методы, формы, средства, включая САПР «КОМПАС-3D») и диагностико-результативный (критерии, уровни, инструментарий, результат). Модель имеет трёхуровневую структуру, обеспечивающую постепенное наращивание сложности, является адаптивной и самонастраивающейся. Выделены педагогические условия эффективной реализации модели: мотивационная готовность преподавателя, материально-техническое, методическое и временное обеспечение, система поддержки и рефлексии. Разработанная модель создаёт основу для создания учебно-методического обеспечения и проведения экспериментальной работы.

1.4 Проектная деятельность как условие развития мышления обучающихся

В предыдущих параграфах было показано, что деятельностный подход является одним из ключевых методологических оснований нашего исследования. Согласно этому подходу, развитие мышления происходит через включение человека в активную, осмысленную, преобразующую деятельность [8; 21; 16]. Среди множества видов учебной деятельности, используемых в системе среднего профессионального образования, именно проектная деятельность обладает наибольшим потенциалом для формирования инновационного инженерного мышления. Данный параграф посвящён теоретическому обоснованию этого тезиса: раскрывается сущность проектной деятельности, её структура, типология, психолого-педагогические механизмы влияния на развитие когнитивных, личностных и деятельностных

компонентов инновационного мышления, а также ограничения и трудности её применения [25; 12].

1.4.1 Сущность и структура проектной деятельности в образовании

Проектная деятельность в образовательном контексте представляет собой целенаправленную, ограниченную во времени деятельность обучающихся, направленную на решение практически или теоретически значимой проблемы и получение конкретного продукта (результата) [16]. Как отмечает Н.Ю. Пахомова, ключевое отличие проектной деятельности от других видов учебной работы заключается в её проблемной ориентированности и самостоятельности обучающегося на всех этапах – от замысла до оценки результата [25].

В педагогической науке сложилось несколько подходов к определению проектной деятельности. В широком смысле под ней понимают любую деятельность, имеющую проектную логику: от постановки цели до получения результата. В узком, дидактическом смысле, проектное обучение (Project-Based Learning, PBL) – это специально организованный процесс, в котором студенты приобретают знания и умения в процессе планирования и выполнения постепенно усложняющихся практических заданий – проектов, имеющих личностную и социальную значимость [16; 25].

Для целей нашего исследования важно зафиксировать следующие сущностные характеристики проектной деятельности, отличающие её от традиционного «репродуктивного» обучения.

Первая характеристика – проблемность. Проект всегда начинается с проблемы, которая не имеет однозначного, готового решения. В отличие от типовой задачи или упражнения, где алгоритм заранее известен, проект ставит студента в ситуацию интеллектуального затруднения, требующего поиска. Именно эта неопределённость создаёт условия для развития инновационного мышления: студент вынужден сам формулировать проблему, выдвигать гипотезы, пробовать разные подходы [1; 17].

Вторая характеристика – самостоятельность. В традиционном обучении преподаватель выступает как основной источник информации и контролёр. В проектной деятельности его роль смещается: он становится тьютором, фасилитатором, консультантом. Студент же самостоятельно (или в группе) определяет цель, планирует работу, находит информацию, принимает решения, оценивает промежуточные и итоговые результаты. Эта самостоятельность – необходимое условие для становления субъектной позиции, без которой инновационная активность невозможна [15; 32].

Третья характеристика – практическая направленность. Результатом проекта является не абстрактное «знание», а конкретный продукт, имеющий материальную или презентационную форму: 3D-модель, чертёж, макет, технологическая карта, презентация. Этот продукт можно увидеть, оценить, продемонстрировать другим. Наличие материального результата усиливает мотивацию и даёт студенту чувство авторства, что особенно важно для формирования личностного компонента инновационного мышления [14; 12].

Четвёртая характеристика – этапность. Проектная деятельность имеет чёткую структуру, разворачивающуюся во времени. Эта структура повторяет логику реального инновационного процесса, что позволяет моделировать в учебных условиях деятельность будущего техника-технолога [25].

1.4.2 Этапы проектной деятельности и их связь с развитием мышления

Традиционно в дидактике выделяют следующие этапы проектной деятельности: проблематизация, целеполагание, планирование, поиск информации, продуктивный этап (создание продукта), презентация и рефлексия [16; 25]. Каждый из этих этапов вносит специфический вклад в развитие компонентов инновационного мышления.

Этап проблематизации (выявление проблемы). Студент осознаёт, что существующее положение дел его не устраивает, что есть противоречие между желаемым и действительным. На этом этапе развивается чувствительность к проблемам – способность видеть несовершенства там, где другие привыкли их не замечать [1]. В технической сфере это может быть, например, осознание

того, что существующая конструкция детали неудобна в изготовлении, или что стандартный технологический процесс даёт слишком много отходов.

Этап целеполагания. Проблема переформулируется в цель: «Что нужно сделать, чтобы изменить ситуацию к лучшему?» При этом цель должна быть конкретной, измеримой, достижимой. На этом этапе развивается способность к конвергентному мышлению – умению из множества возможных направлений действия выбрать одно, наиболее перспективное, и сформулировать его в виде задачи [11].

Этап планирования. Студент (или группа) определяет, какие шаги, в какой последовательности и к какому сроку необходимо выполнить для достижения цели. Здесь формируются навыки самоорганизации – важнейший компонент деятельностно-практического блока инновационного мышления [15].

Этап поиска и анализа информации. Ни один серьёзный проект не делается «на пустом месте». Студент изучает аналоги, патенты, техническую литературу, стандарты. Здесь развивается информационная компетентность и критическое мышление – умение оценивать качество найденных источников, выделять главное, сопоставлять разные точки зрения [38].

Этап генерации идей (мозговой штурм, эвристические методы). Это, пожалуй, самый «творческий» этап. Студент генерирует множество вариантов решения проблемы, не оценивая их на начальном этапе. Здесь наиболее активно работает дивергентное мышление – беглость, гибкость, оригинальность идей [11]. Этот этап напрямую связан с развитием когнитивного компонента инновационного мышления. В рамках нашего исследования на этом этапе активно используются приёмы ТРИЗ: мозговой штурм, метод фокальных объектов, морфологический анализ [1; 17].

Этап выбора и обоснования лучшей идеи. Из множества вариантов необходимо выбрать один – наиболее технологичный, экономичный, реалистичный. Студент учится обосновывать свой выбор, сравнивая альтернативы по заданным критериям. Здесь развивается аналитическое и

критическое мышление, а также оценочно-селективная функция инновационного мышления [5].

Этап реализации (продуктивный этап). Идея воплощается в материальный продукт: 3D-модель, чертёж, макет. Здесь ключевую роль играют инструментальные навыки – в нашем случае владение САПР «КОМПАС-3D» [14]. На этом этапе также происходит итерационное улучшение: студент пробует, ошибается, исправляет, пробует снова – и так до получения удовлетворительного результата.

Этап презентации. Студент публично представляет свой продукт, отвечает на вопросы, защищает принятые решения. Здесь развиваются коммуникативные навыки и способность к аргументации – важные составляющие деятельности инноватора, которому часто приходится «продавать» свои идеи руководству или заказчику [16].

Этап рефлексии. Студент анализирует, что получилось, что не получилось, в чём причины успехов и неудач, чему он научился, что сделал бы по-другому в следующий раз. Рефлексия – это ключевой механизм перехода от опыта к обучению, от внешней оценки к самооценке [32]. Без рефлексии даже успешно выполненный проект даёт гораздо меньший развивающий эффект.

Таким образом, полноценная проектная деятельность, охватывающая все перечисленные этапы, представляет собой «тренажёр» инновационного мышления, где каждый этап «тренирует» определённые компоненты: от чувствительности к проблемам и дивергентности до самоорганизации и рефлексии [25; 12].

1.4.3 Типология учебных проектов в профессиональном образовании

В зависимости от доминирующей деятельности студента выделяют несколько типов учебных проектов [16; 25]. Для нашего исследования, ориентированного на специальность 15.02.16 «Технология машиностроения», наиболее значимы следующие типы.

Исследовательские проекты предполагают решение научной или технической проблемы, которая не имеет готового ответа. Студент должен

выдвинуть гипотезу, спланировать эксперимент (в том числе вычислительный эксперимент с использованием САПР), собрать данные, проанализировать их и сделать выводы. Такой тип проектов максимально развивает аналитические и прогностические способности [5].

Практико-ориентированные (прикладные) проекты нацелены на создание продукта, который может быть использован в реальной практике: детали, узла, технологической карты. В нашем контексте это означает разработку 3D-модели, чертежа или даже прототипа, напечатанного на 3D-принтере. Такой тип проектов особенно важен для развития деятельностно-практического компонента инновационного мышления [14; 12].

Творческие проекты предполагают свободное, не регламентированное жёсткими рамками решение, допускающее максимальную степень самовыражения студента. В сфере компьютерной графики это может быть, например, создание сложной визуализации будущего изделия или анимации работы механизма. Творческие проекты в наибольшей степени развивают дивергентное мышление и оригинальность [1].

Конструкторские проекты занимают особое место в инженерном образовании. Они предполагают создание конструкции (узла, механизма, приспособления), отвечающей заданным техническим требованиям (прочность, надёжность, технологичность, масса, габариты). Конструкторский проект требует интеграции знаний из разных областей – сопротивления материалов, деталей машин, технологии машиностроения, САПР. Именно такие проекты максимально приближены к реальной профессиональной деятельности техника-технолога [5; 12].

В рамках нашего исследования используется смешанная типология, где конструкторские и практико-ориентированные проекты сочетаются с элементами исследования и творчества. Кроме того, важным основанием для классификации является сложность проекта: от простых (на одну-две учебные недели) до комплексных (на семестр или учебный год) [25].

1.4.4 Проектная деятельность как средство формирования личностной позиции студента

Особо следует подчеркнуть роль проектной деятельности в формировании личностной позиции студента – его отношения к собственной учебной и будущей профессиональной деятельности [15; 32]. Традиционное обучение нередко формирует у студента позицию «исполнителя»: пришёл на пару, выполнил задание, получил оценку, забыл. Проектная деятельность, напротив, требует проявления инициативы, ответственности, настойчивости, готовности к риску и неопределённости.

Инициатива проявляется в том, что студент сам выбирает тему (в рамках предложенного направления), сам определяет, как именно решать проблему. Ответственность возникает из-за того, что результат проекта – это продукт, который студент создаёт лично или в группе, и этот продукт будет публично предъявлен и оценён. Настойчивость требуется, потому что на пути к результату почти неизбежны ошибки, тупики, необходимость переделывать уже сделанное. Готовность к риску означает, что студент не может заранее знать, получится ли у него реализовать задуманное, – и тем не менее он берётся за работу [1; 17].

Эта личностная позиция – «субъект инновационной деятельности» – является тем самым мотивационным ядром инновационного мышления, без которого все когнитивные навыки и инструментальные умения остаются мёртвым грузом. Именно проектная деятельность, в отличие от других форм обучения, способна сформировать такую позицию, поскольку она ставит студента в ситуацию, где он не может оставаться пассивным наблюдателем [32].

1.4.5 Психолого-педагогические механизмы развития мышления в проектной деятельности

На основе теорий Л.С. Выготского, П.Я. Гальперина, В.В. Давыдова [8; 21] можно выделить несколько механизмов, обеспечивающих развитие инновационного мышления в проектной деятельности.

Механизм интериоризации. В проектной деятельности студент сначала обсуждает идеи и план действий с преподавателем и товарищами (внешний, социальный план). Затем, по мере накопления опыта, эти обсуждения «уходят внутрь» – студент начинает вести внутренний диалог, самостоятельно взвешивая аргументы «за» и «против», прогнозируя последствия решений. Так формируется внутренний план действий – ядро когнитивного компонента мышления [8; 21].

Механизм рефлексии. В ходе проекта студент неоднократно сталкивается с необходимостью остановиться, оглянуться назад, проанализировать: что я сделал, что получилось, что нет, почему? Рефлексия превращает опыт (в том числе опыт ошибок) в знание о способах действия. Без рефлексии обучение происходит медленно и неосознанно [32].

Механизм проблематизации. Проектная деятельность создаёт «разрыв» между тем, что студент знает и умеет, и тем, что требуется для решения проблемы. Этот разрыв, это интеллектуальное затруднение запускает мыслительную активность. Студент не может действовать по готовому алгоритму – он вынужден достраивать, изобретать, комбинировать [1].

Механизм перехода от внешней оценки к самооценке. В начале работы над проектом студент ориентируется на оценку преподавателя. Постепенно, осваивая критерии качественной работы, он начинает оценивать себя сам. Это формирует важнейшее качество для инноватора – способность к объективной оценке собственного продукта, видение его сильных и слабых сторон [15].

1.4.6 Ограничения и трудности проектной деятельности

При всём потенциале проектной деятельности важно отдавать себе отчёт в её ограничениях и трудностях, чтобы не идеализировать этот метод и адекватно проектировать образовательный процесс [25; 12].

Первое ограничение – временные затраты. Качественный проект требует гораздо больше времени, чем выполнение стандартного упражнения. В условиях жёсткого учебного плана это создаёт серьёзную проблему: невозможно все темы изучать через проекты. Необходим баланс.

Второе ограничение – необходимость подготовленности студентов. Если студент не владеет базовыми навыками (например, не умеет работать в САПР на начальном уровне), он не сможет включиться в полноценную проектную деятельность. Проект не отменяет систематического формирования инструментальных умений, он надстраивается над ними [14].

Третье ограничение – риск формального подхода. Если преподаватель не умеет грамотно организовать проектную деятельность, она вырождается в формальность: студенты «отбывают» проекты, скачивая готовые материалы из интернета и лишь незначительно их модифицируя.

Четвёртое ограничение – сложность оценивания. Оценить проект гораздо сложнее, чем проверить тест или контрольную работу. Необходимы чёткие критерии, экспертные карты, процедуры защиты, что требует от преподавателя дополнительных усилий [38].

Учёт этих ограничений важен для реалистичного проектирования педагогической модели. Мы не утверждаем, что проектная деятельность является «волшебной таблеткой», решающей все проблемы. Мы утверждаем, что при соблюдении определённых педагогических условий она является наиболее эффективным средством развития инновационного мышления из существующих в арсенале современной дидактики [25].

В данном параграфе было показано, что проектная деятельность обладает высоким дидактическим потенциалом для формирования инновационного инженерного мышления. Проектная деятельность имеет этапную структуру (проблематизация – целеполагание – планирование – поиск информации – генерация идей – выбор – реализация – презентация – рефлексия), которая моделирует реальный инновационный процесс и позволяет целенаправленно развивать все три компонента инновационного мышления: когнитивный (на этапах генерации, анализа, антиципации), личностно-мотивационный (инициатива, ответственность, настойчивость) и деятельностно-практический (воплощение замысла, владение инструментом). Разные типы проектов (исследовательские, практико-ориентированные,

творческие, конструкторские) вносят различный вклад в развитие инновационного мышления; оптимальной является их комбинация. Проектная деятельность формирует личностную позицию студента как субъекта инновационной деятельности, что является необходимым мотивационным условием для проявления инновационного мышления. Психолого-педагогическими механизмами развития мышления в проектной деятельности выступают интериоризация, рефлексия, проблематизация и переход от внешней оценки к самооценке. При всём потенциале проектной деятельности существуют ограничения (временные затраты, необходимость базовой подготовленности студентов, риск формализма, сложность оценивания), которые должны быть учтены при проектировании модели. Полученные выводы создают основу для следующего параграфа, в котором будет рассмотрено конкретное средство реализации проектной деятельности в контексте нашего исследования – система автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D» [14; 12].

1.5 Дидактические возможности САПР «КОМПАС-3D» в профессиональной подготовке

В предыдущих параграфах было обосновано, что проектная деятельность является ведущим условием развития инновационного инженерного мышления. Однако проектная деятельность не существует в абстракции – она всегда реализуется с помощью определённых инструментов и средств. В контексте подготовки техников-технологов машиностроения таким ключевым инструментом выступают системы автоматизированного проектирования (САПР). Данный параграф посвящён анализу дидактических возможностей отечественной САПР «КОМПАС-3D» не как «электронного кульмана» для черчения, а как среды для генерации, визуализации, проверки и презентации инновационных технических решений [14; 12].

1.5.1 САПР в структуре профессиональной подготовки техника-технолога

Системы автоматизированного проектирования (САПР) – это программные комплексы, предназначенные для создания конструкторской и технологической документации, трёхмерного моделирования, инженерных расчётов и подготовки управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). В современном машиностроении САПР стали неотъемлемой частью производственного процесса. Как отмечается в профессиональных стандартах, техник-технолог, не владеющий САПР на уровне, достаточном для решения профессиональных задач, не может считаться конкурентоспособным специалистом [5; 38].

В системе среднего профессионального образования по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» САПР (и в частности, «КОМПАС-3D») занимают центральное место в нескольких дисциплинах: «Инженерная графика», «Компьютерная графика», «Технологическое проектирование», «Курсовое и дипломное проектирование». Однако, как показывает анализ типовых рабочих программ, использование САПР в учебном процессе зачастую ограничивается репродуктивными задачами: создание чертежа по образцу, построение трёхмерной модели по готовому чертежу, сборка узла из готовых компонентов [38]. При таком подходе САПР выступает лишь как более удобная замена кульмана и ватмана, но не меняет сути учебной деятельности, не создаёт условий для развития инновационного мышления.

Между тем, современные САПР, и особенно «КОМПАС-3D» в его последних версиях, обладают функционалом, выходящим далеко за рамки «электронного черчения». Параметрическое моделирование, библиотеки стандартных элементов, средства визуализации и анимации, инструменты анализа и оптимизации, возможности работы со сборками и спецификациями – всё это может быть использовано не только для точного воспроизведения заданной конструкции, но и для поиска новых, нестандартных решений [14]. Задача нашего исследования – выявить и теоретически обосновать те дидактические возможности «КОМПАС-3D», которые превращают эту

программу из простого инструмента черчения в среду развития инновационного мышления.

1.5.2 Краткая характеристика «КОМПАС-3D» как педагогического инструмента

«КОМПАС-3D» – это российская система трёхмерного твердотельного моделирования, разрабатываемая компанией АСКОН. Она является стандартом для многих машиностроительных предприятий России и стран СНГ, что делает её изучение в колледжах особенно актуальным с точки зрения трудоустройства выпускников [3].

Ключевыми функциональными возможностями «КОМПАС-3D», значимыми с педагогической точки зрения, являются следующие.

Трёхмерное параметрическое моделирование. Деталь создаётся не как «замороженный» набор геометрических элементов, а как конструкция, управляемая параметрами (размерами, зависимостями). Изменение параметра автоматически перестраивает всю модель. Это позволяет быстро создавать семейства типоразмеров деталей и исследовать влияние изменения одного параметра на всю геометрию [14].

Создание ассоциативных чертежей. Чертёж автоматически генерируется из трёхмерной модели и остаётся связанным с ней. Любое изменение в модели мгновенно отражается на чертеже, и наоборот. Это освобождает студента от рутинной работы по перечерчиванию и позволяет сосредоточиться на сути решаемой задачи.

Работа со сборками. «КОМПАС-3D» позволяет собирать из отдельных деталей сборочные единицы, задавая сопряжения между ними. Можно проверить собираемость, наличие пересечений, подвижность механизмов. Это даёт возможность виртуально протестировать конструкцию до её физического изготовления [12].

Библиотеки стандартных изделий. В программу встроены библиотеки болтов, гаек, подшипников, пружин и других стандартных элементов. Студент

не тратит время на их моделирование, а использует готовые компоненты, комбинируя их в новых контекстах.

Инструменты анализа. «КОМПАС-3D» позволяет рассчитать массу и объём детали, моменты инерции, провести простейшие прочностные расчёты, проверить пересечения в сборке.

Средства визуализации и анимации. Можно создать фотореалистичное изображение модели (рендеринг) или анимацию работы механизма. Это мощный инструмент презентации проектных идей.

Импорт и экспорт в другие форматы. Модель из «КОМПАС-3D» может быть экспортирована в формат, читаемый CAM-системами для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, или в формат для 3D-печати (STL). Это создаёт возможность реализации сквозного цикла «идея – 3D-модель – изготовление прототипа» [14].

1.5.3 От традиционного черчения к инновационному проектированию: смена парадигмы

Чтобы понять, как «КОМПАС-3D» может служить средством развития инновационного мышления, необходимо осознать принципиальное отличие работы в этой среде от традиционного черчения на кульмане или даже от работы в 2D-редакторах типа AutoCAD [14].

В традиционном черчении студент идёт от абстракции (правил проецирования, линий разного типа, сечений и разрезов) к конкретному изображению. Основная мыслительная нагрузка приходится на мысленное преобразование трёхмерного объекта в плоские проекции – процесс, безусловно, полезный для развития пространственного мышления, но весьма трудоёмкий и далёкий от современной инженерной практики.

В «КОМПАС-3D» (как и в других современных САПР) логика обратная: студент сразу создаёт трёхмерную модель детали или узла, а чертежи (если они нужны) получает из модели автоматически. Это принципиально меняет характер мыслительной деятельности. Студент оперирует не проекциями, а трёхмерными формами: выдавливание, вращение, кинематические операции,

булевы операции (объединение, вычитание, пересечение). Это гораздо более наглядно и интуитивно понятно, что снижает «порог входа» и позволяет раньше перейти к решению содержательных инженерных задач [12].

Но главное отличие даже не в этом. В традиционном черчении студент, как правило, копирует готовый чертёж, представленный в задании или на доске. Вариативность минимальна: можно лишь незначительно изменить размеры. В «КОМПАС-3D» при параметрическом моделировании студент может быстро создавать семейства вариантов. Изменил один параметр – получил другую деталь. Это открывает возможность для исследования: «А что будет, если увеличить толщину стенки с 2 мм до 3 мм? А если скруглить не 2 мм, а 5 мм?» Такое экспериментирование, многократное «проигрывание» вариантов является основой дивергентного и комбинаторного мышления, ключевых компонентов инновационного мышления [1; 17].

Кроме того, «КОМПАС-3D» даёт мгновенную обратную связь. Студент создал эскиз – программа сразу показывает, можно ли на его основе построить модель. Студент задал сопряжение в сборке – программа сразу показывает, возможно ли оно. Студент изменил размер – модель перестроилась мгновенно. Эта быстрая обратная связь создаёт условия для итерационного обучения: студент может пробовать, ошибаться, исправлять, пробовать снова – и так много раз за короткое время. Это формирует важнейшую черту инновационного мышления – готовность к экспериментальному поиску, отсутствие страха ошибки [14].

1.5.4 «КОМПАС-3D» как средство визуализации и материализации идей

Одна из ключевых проблем, с которой сталкивается студент при решении творческой технической задачи, – это разрыв между замыслом (идеей, образом, мысленной конструкцией) и его реализацией (чертежом, моделью, реальным изделием). У многих студентов есть «блок»: они знают, что хотят сделать, но не знают, как это изобразить на чертеже или как создать в программе [32].

«КОМПАС-3D» снижает этот барьер благодаря своей наглядности. Студент видит свою модель на экране в трёх измерениях, может вращать её, приближать, рассматривать с разных сторон. Виртуальное «осязание» модели (возможность выделить грань, ребро, вершину) создаёт ощущение работы с реальным объектом. Психологически это очень важно: абстрактная идея обретает конкретную, зримую форму, с которой можно взаимодействовать. Это превращает «КОМПАС-3D» из просто инструмента в среду мышления, где идеи не теряются, а материализуются [12].

Кроме того, «КОМПАС-3D» позволяет создавать не только модель, но и фотореалистичное изображение (рендеринг) с наложением материалов, теней, отражений. Это даёт студенту возможность не только «проверить, работает ли», но и «посмотреть, красиво ли получилось». Эстетический аспект, недооцениваемый в сугубо технологическом образовании, на самом деле важен для формирования чувства авторства и гордости за свой продукт, что стимулирует мотивационный компонент инновационного мышления [15].

1.5.5 Параметрическое моделирование как инструмент исследования и комбинаторики

Особого внимания заслуживает параметрическое моделирование как дидактический ресурс. В «КОМПАС-3D» параметризация может быть двух уровней: на уровне эскиза (размеры, геометрические зависимости) и на уровне модели в целом (переменные, формулы, связывающие разные параметры) [14].

Для студента это открывает возможность исследовательской деятельности. Например, студенту даётся задание: «Спроектировать деталь, объём которой не должен превышать заданную величину, а площадь поверхности – быть максимальной при фиксированной массе». Эту задачу невозможно решить одним действием, нужно перебирать варианты. Студент создаёт параметрическую модель, где несколько ключевых размеров вынесены в переменные. Затем он прогоняет несколько вариантов, смотрит, как меняется объём и масса, выбирает оптимальный. Это не просто упражнение по

моделированию – это мини-исследование, развивающее аналитические и прогностические способности [5].

Параметризация также поддерживает комбинаторные способности. Студент может создать «шаблон» детали, а затем, изменяя параметры, быстро получить всё семейство типоразмеров. Или он может собрать из нескольких параметрических деталей сборочную единицу и исследовать, как изменение параметров одной детали влияет на всю сборку. Это формирует системное видение: изменение одного элемента влечёт изменение всей системы – что является ключевым принципом инновационного мышления [17].

1.5.6 Моделирование сборок и проверка собираемости как средство развития антиципации

Ещё одна важная дидактическая возможность «КОМПАС-3D» – работа со сборками. Студент не просто создаёт отдельные детали, а собирает из них узел или механизм, задавая сопряжения (соосность, совпадение плоскостей, касание, расстояния). Программа позволяет проверить: не пересекаются ли детали в собранном состоянии (что привело бы к невозможности реальной сборки); есть ли необходимые зазоры; как движутся подвижные детали (если задать анимацию) [12].

Этот функционал напрямую работает на развитие антиципационных способностей (умения предвидеть последствия) и системного мышления. Студент учится думать не только о каждой детали в отдельности, но и о том, как она взаимодействует с другими, как поведёт себя вся система. Ошибка, допущенная при проектировании одной детали, «всплывёт» на этапе сборки, когда выяснится, что деталь не стыкуется с соседней или не вписывается в габариты. Это создаёт мощный стимул к рефлексии и поиску причин ошибок [32].

В контексте инновационного мышления работа со сборками важна ещё и потому, что многие инновации в машиностроении носят системный характер: не новая деталь сама по себе, а новое сочетание существующих деталей, новая компоновка узла, новый принцип соединения. «КОМПАС-3D» позволяет

быстро создавать и тестировать такие комбинации, что стимулирует комбинаторное мышление [1; 17].

1.5.7 Интеграция «КОМПАС-3D» с другими цифровыми инструментами как условие сквозного проектирования

Современное производство требует сквозного цифрового процесса: от идеи до готового изделия. «КОМПАС-3D» интегрируется с другими программными продуктами, что открывает дополнительные дидактические возможности [14].

От модели к чертежу. Как уже отмечалось, «КОМПАС-3D» автоматически генерирует ассоциативные чертежи, что экономит время и позволяет студенту сосредоточиться на конструктивных, а не на оформительских задачах.

От модели к прототипу. Экспорт в формат STL и печать на 3D-принтере даёт студенту возможность воплотить свою виртуальную модель в физическом пластиковом прототипе. Это мощнейший мотивационный фактор: студент может потрогать результат своей работы. Кроме того, физический прототип часто выявляет ошибки, не заметные на экране (например, недостаточную жёсткость, неудобство захвата рукой) [12].

От модели к станку. Экспорт в CAM-системы (например, в модуль «КОМПАС-Токарь» или «КОМПАС-Фрезер») позволяет получить управляющую программу для станка с ЧПУ и изготовить деталь из реального материала (пластика или металла). Это высший уровень приближения к реальной производственной деятельности, доступный в учебных мастерских колледжа.

Таким образом, «КОМПАС-3D» не изолированный инструмент, а цифровая платформа, поддерживающая полный цикл инновационной деятельности: идея – 3D-модель – проверка – чертёж – прототип – деталь. Реализация такого сквозного цикла в учебном процессе – это и есть та проектная деятельность в цифровой среде, которая, согласно нашей гипотезе, наиболее эффективно развивает инновационное мышление.

1.5.8 Психолого-педагогические эффекты работы в среде «КОМПАС-3D»

Завершая анализ дидактических возможностей «КОМПАС-3D», выделим те психолого-педагогические эффекты, которые делают эту среду особенно ценной для развития инновационного мышления [14; 32; 12].

Эффект «снижения порога входа». Наглядность трёхмерного моделирования делает его более доступным для студентов, чем традиционное черчение. Это особенно важно для студентов, у которых слабо развито пространственное воображение: в «КОМПАС-3D» они могут «увидеть» модель сразу, а не «представлять» её по проекциям.

Эффект «быстрой обратной связи». Студент видит результат своего действия немедленно. Это создаёт условия для итеративного обучения: ошибка не приводит к катастрофе (как при изготовлении реальной детали), её можно быстро исправить. Снижается страх ошибки, растёт готовность экспериментировать.

Эффект «материализации идей». Абстрактный замысел превращается в видимую, осязаемую (хотя и виртуальную) модель. Это усиливает чувство авторства и повышает мотивацию. Студент видит, что «я это сделал», «это работает (хотя бы на экране)».

Эффект «интеграции». «КОМПАС-3D» связывает разные дисциплины: черчение, технологию, материаловедение, допуски и посадки, программирование для ЧПУ. Студент начинает видеть, как знания из разных областей работают вместе для решения одной задачи – а это основа системного мышления.

Эффект «психологической безопасности». В виртуальной среде можно пробовать смелые, нестандартные решения, не боясь сломать дорогостоящее оборудование или испортить материал. Это создаёт пространство для творческого риска, необходимого для подлинных инноваций.

Все эти эффекты работают на развитие того типа личности, который мы назвали «субъектом инновационной деятельности»: инициативного, не боящегося неопределённости, способного к эксперименту и рефлексии.

В данном параграфе проведён анализ дидактических возможностей системы автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D» в контексте профессиональной подготовки техников-технологов по специальности 15.02.16. Традиционное использование САПР в учебном процессе как «электронного кульмана» для репродуктивного черчения не раскрывает их потенциал для развития инновационного мышления. «КОМПАС-3D» обладает рядом функциональных возможностей (трёхмерное параметрическое моделирование, ассоциативные чертежи, сборки, библиотеки, анализ, визуализация, импорт/экспорт), которые при соответствующей методической организации могут быть превращены в инструменты развития мышления. Ключевые дидактические возможности «КОМПАС-3D» для развития инновационного мышления включают: поддержку итеративного экспериментирования, наглядную визуализацию идей, параметрическое моделирование как инструмент исследования, работу со сборками для развития системного мышления и антиципации, интеграцию со сквозным цифровым циклом (3D-печать, ЧПУ). Психолого-педагогическими эффектами работы в среде «КОМПАС-3D» являются снижение порога входа, быстрая обратная связь, материализация идей, интеграция знаний и психологическая безопасность. «КОМПАС-3D» не является «волшебным» средством, автоматически развивающим мышление; его возможности реализуются только при правильной методической организации проектной деятельности, где программа выступает не самоцелью, а инструментом для решения открытых профессиональных задач. Эти выводы завершают теоретическое обоснование нашего исследования и создают основу для разработки учебно-методического обеспечения и проведения экспериментальной работы [14; 12].

В первой главе диссертационного исследования проведён теоретический анализ проблемы развития инновационного мышления у обучающихся по

специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» в условиях цифровизации инженерного образования. На основе изучения психолого-педагогической, методической и технической литературы, а также анализа нормативных документов (ФГОС СПО, профессиональных стандартов) были решены поставленные теоретические задачи.

Проведённый теоретический анализ позволяет утверждать, что проблема развития инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» является актуальной и имеет достаточное теоретическое обоснование. Уточнён понятийно-категориальный аппарат, выделены структура, функции и уровни инновационного инженерного мышления. Определена методологическая база исследования, объединяющая системный, деятельностный, личностно-ориентированный и компетентностный подходы. Разработана педагогическая модель формирования инновационного мышления, включающая пять блоков и три модуля проектной деятельности. Обосновано, что проектная деятельность в среде САПР «КОМПАС-3D» при соблюдении выделенных педагогических условий является эффективным средством развития когнитивного, личностно-мотивационного и деятельностно-практического компонентов инновационного мышления. Теоретические выводы, полученные в первой главе, создают основу для практической части исследования: разработки учебно-методического обеспечения и организации экспериментальной работы по проверке эффективности предложенной модели [5; 14; 15; 32; 25; 12].

2 РАЗРАБОТКА ЭУМКД ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 15.02.16

2.1 Принципы и структура ЭУМКД

Электронный учебно-методический комплекс дисциплины (ЭУМКД) «Компьютерная графика (КОМПАС-3D)» разрабатывался как инструментальное обеспечение педагогической модели формирования инновационного мышления, описанной в главе 1. В отличие от традиционных УМКД, ориентированных преимущественно на передачу знаний и формирование узкопредметных умений, разрабатываемый комплекс имеет ряд отличительных особенностей, обусловленных целью и задачами настоящего исследования [14; 38; 25].

2.1.1 Принципы разработки ЭУМКД

При разработке ЭУМКД мы опирались на следующие принципы.

Принцип компетентностной ориентации. Содержание и структура ЭУМКД определяются требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения». В соответствии со стандартом, дисциплина «Компьютерная графика» входит в общепрофессиональный цикл и направлена на формирование как профессиональных, так и общих компетенций [38]. Все учебные материалы нацелены не на запоминание информации, а на развитие способности действовать в профессиональных ситуациях.

Принцип интеграции ТРИЗ и САПР. В отличие от стандартных курсов, где изучение КОМПАС-3D сводится к освоению команд и выполнению упражнений по образцу, разработанный ЭУМКД с самого начала погружает студента в решение открытых, не имеющих единственного правильного ответа задач [1; 17]. Теоретический материал по ТРИЗ (технические противоречия, идеальный конечный результат, основные приёмы) подаётся в сжатой, концентрированной форме и сразу же закрепляется на кейсах.

Принцип практико-ориентированности. Весь учебный материал структурирован таким образом, чтобы студент видел связь изучаемого с реальной профессиональной деятельностью. В качестве примеров и заданий используются детали, узлы, технологические процессы, встречающиеся на реальных машиностроительных предприятиях (в том числе на предприятиях Лысьвенского округа) [12].

Принцип модульности. Учебный материал разделён на три модуля, соответствующие этапам развития инновационного мышления (от генерации идей до концептуального проектирования). Каждый модуль завершается выполнением кейс-задания и рефлексивной анкетой. Традиционное деление на «лекции» и «лабораторные работы» заменено на «проблемную постановку – самостоятельную работу над кейсом – защиту – рефлексию» [25].

Принцип открытости и доступности. ЭУМКД размещается в электронной образовательной среде и доступен студентам в любое время. Это позволяет работать в индивидуальном темпе, возвращаться к сложным темам, использовать дополнительные материалы, общаться с преподавателем и сокурсниками в форуме.

Принцип диагностируемости результатов. Каждый модуль и каждое кейс-задание имеют чёткие критерии оценки, позволяющие студенту заранее понять требования и самостоятельно оценить качество своей работы. Контрольно-измерительные материалы (тесты, экспертные карты, чек-листы) включены непосредственно в ЭУМКД [38].

2.1.2 Структура ЭУМКД

Электронный учебно-методический комплекс дисциплины реализован в виде веб-сайта на платформе Tilda и включает следующие структурные разделы.

Главная страница содержит название дисциплины, краткую аннотацию, навигационное меню по разделам сайта, новостную ленту (объявления о занятиях, изменениях в расписании, дополнительных консультациях). Отсюда студент переходит к любому из разделов ЭУМКД.

Раздел «Организационно-методические материалы» включает аннотацию дисциплины (место в учебном плане, трудоёмкость, формы аттестации), календарно-тематический план (с указанием тем, кейсов, форм контроля по неделям), оценочные материалы (критерии оценивания кейсов, образцы экспертных карт), список литературы и цифровых ресурсов (включая ссылки на официальную документацию АСКОН, видеоуроки, онлайн-курсы) [14].

Раздел «Теоретический блок» содержит страницы по каждой теме: введение в САПР (назначение, классификация, краткий обзор рынка); интерфейс КОМПАС-3D (главное меню, панели инструментов, дерево построения, настройка рабочего пространства); 2D-моделирование (эскизы, геометрические примитивы, размеры, привязки, ограничения); 3D-моделирование (операции выдавливания, вращения, кинематическая, по сечениям; булевы операции); основы ТРИЗ для инженеров (техническое противоречие, идеальный конечный результат, 5-7 основных приёмов); работа со сборками (добавление компонентов, сопряжения, проверка пересечений, спецификации); анимация и визуализация (создание анимации в сборке, наложение материалов, рендеринг) [1; 14]. Каждая теоретическая страница содержит текстовый конспект, встроенные видео и презентацию для скачивания.

Раздел «Практический блок (банк кейсов)» является ядром ЭУМКД. На отдельной странице представлены девять кейс-заданий, структурированных по трём модулям. Каждый кейс оформлен в виде карточки с кратким описанием проблемы и кнопкой «Подробнее», ведущей на отдельную страницу кейса. Страница кейса включает: формулировку проблемы (ситуация), задание в КОМПАС, инновационную задачу, ТРИЗ-подсказку (скрытую под спойлером – открывается по нажатию), контрольные вопросы, форму для загрузки файлов, чек-лист самопроверки (в формате PDF для скачивания). Для некоторых кейсов добавлены видеоинструкции, демонстрирующие сложные приёмы работы в КОМПАС [17; 12].

Раздел «Контрольно-измерительные материалы» содержит входное тестирование (10–15 вопросов на знание основ черчения и пространственного мышления, тест креативности (адаптированный вариант, размещён в виде PDF-бланка для скачивания и заполнения), рефлексивные анкеты (для скачивания после каждого модуля), образцы экспертных карт для самопроверки, а также информацию об итоговом зачёте (требования к портфолио из 5–6 выполненных кейсов + защита одного из них) [15; 37].

Раздел «Коммуникация» обеспечивает взаимодействие участников образовательного процесса. Он включает форму обратной связи, ссылку на закрытую группу в MAX (для оперативного общения, обсуждения, объявлений), галерею лучших работ (отдельная страница, куда выкладываются наиболее интересные решения кейсов с согласия авторов, что служит дополнительной мотивацией).

2.1.3 Требования к технической реализации

Для полноценной работы с ЭУМКД необходимо соблюдение следующих технических требований. Сайт размещён на платформе Tilda (бесплатный или базовый тариф, достаточный для размещения учебных материалов). Компьютерный класс должен быть оснащён компьютерами с установленной лицензионной версией «КОМПАС-3D» (рекомендуется версия не ниже 2022) на каждом рабочем месте. Доступ в интернет требуется для доступа к сайту ЭУМКД, просмотра видео, загрузки файлов. Для выполнения некоторых кейсов желательно наличие 3D-принтера (хотя бы одного на группу) для печати прототипов, а также доступа к станкам с ЧПУ (в учебных мастерских) для изготовления деталей [14].

2.1.4 Апробация ЭУМКД в Лысьвенском филиале ПНИПУ

Разработанный ЭУМКД прошёл апробацию на базе Лысьвенского филиала ПНИПУ в группах специальности 15.02.16 в 2023–2025 учебных годах. В ходе апробации были сделаны следующие уточнения. Время выполнения некоторых кейсов (особенно кейса 9 «Обратный отсчёт») увеличено с 90 до 120 минут, так как студентам требуется дополнительное

время на обмеры физической детали. Для кейса 5 «Слепой монтаж» добавлена видеоинструкция по созданию динамического сечения, так как эта функция неочевидна для начинающих. Рефлексивная анкета сокращена с 7 до 5 вопросов (более короткая анкета заполняется студентами охотнее и даёт более качественные ответы). Навигация сайта была доработана по результатам первого семестра (добавлены «хлебные крошки» и поиск по сайту). Все выявленные недочёты устранены в финальной версии ЭУМКД, представленной в приложении к диссертации.

В данном параграфе определены принципы разработки ЭУМКД (компетентностная ориентация, интеграция ТРИЗ и САПР, практико-ориентированность, модульность, открытость и доступность, диагностируемость результатов) и описана его структура, реализованная в виде веб-сайта на платформе Tilda. ЭУМКД включает главную страницу и пять основных разделов: организационно-методические материалы, теоретический блок, практический блок (банк из девяти кейсов), контрольно-измерительные материалы, коммуникационный блок (форма обратной связи, MAX-группа, галерея лучших работ). ЭУМКД прошёл апробацию в ЛФ ПНИПУ и готов к использованию в образовательном процессе [14; 38; 25].

2.2 Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины (ПК, ОК)

На основе анализа Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» и с учётом задач развития инновационного мышления, поставленных в настоящем исследовании, были выделены компетенции, на формирование которых направлен разработанный ЭУМКД [16]. Компетенции подразделяются на профессиональные (ПК), связанные с конкретными видами профессиональной деятельности, и общие (ОК), обеспечивающие успешность деятельности в любых профессиональных контекстах [15; 42].

2.2.1 Профессиональные компетенции (ПК)

В соответствии с ФГОС СПО по специальности 15.02.16, выпускник должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими основным видам деятельности. Применительно к дисциплине «Компьютерная графика» ключевыми являются следующие профессиональные компетенции [38].

ПК 1.1. Разрабатывать технологические процессы изготовления деталей машин. Освоение этой компетенции обеспечивается через создание 3D-моделей деталей, анализ их технологичности, внесение изменений в геометрию для улучшения обрабатываемости. В рамках ЭУМКД данная компетенция формируется при выполнении кейсов модуля 2 (кейсы 2, 4, 7), где студенты модернизируют существующие детали и узлы [14; 12].

ПК 1.2. Разрабатывать технологическую документацию. Формирование компетенции происходит в процессе создания ассоциативных чертежей в среде КОМПАС-3D, оформления спецификаций, нанесения размеров, допусков и посадок в соответствии с требованиями ЕСКД. Все кейсы, предполагающие создание чертежей (кейсы 1, 4, 6, 9), направлены на развитие этой компетенции [14].

ПК 1.4. Использовать системы автоматизированного проектирования в профессиональной деятельности. Данная компетенция является сквозной для всей дисциплины. В процессе работы над кейсами студенты осваивают интерфейс КОМПАС-3D, учатся создавать эскизы, трёхмерные модели, сборки, чертежи, использовать параметризацию и библиотеки стандартных элементов. К завершению курса студент должен свободно владеть основными функциями САПР на уровне, достаточном для решения профессиональных задач [14].

ПК 2.2. Участвовать во внедрении технологических процессов. Формирование этой компетенции происходит через проектирование оснастки и приспособлений (кейсы 1, 5, 6), моделирование технологических процессов, проверку собираемости узлов. Студент учится не только создавать

конструкцию, но и обосновывать её технологичность, удобство сборки и обслуживания [12].

ПК 3.1. Участвовать в разработке и оформлении конструкторской документации с использованием CAD-систем. Эта компетенция интегрирует все предыдущие. Её формирование является итоговым результатом изучения дисциплины. Студент должен уметь самостоятельно разработать конструкцию детали или узла, создать её трёхмерную модель, оформить чертёж и спецификацию, представить проект к защите [14].

2.2.2 Общие компетенции (ОК)

Общие компетенции имеют особое значение для развития инновационного мышления, поскольку они связаны с личностными качествами и универсальными способностями, выходящими за рамки узкой предметной области [15; 42]. В процессе проектной деятельности с использованием кейс-заданий формируются следующие общие компетенции.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам. Каждый кейс представляет собой открытую задачу, не имеющую единственного правильного решения. Студент вынужден самостоятельно выбирать способ действия: какой ТРИЗ-приём применить, какую геометрию выбрать, какой материал использовать. Это развивает способность к осознанному выбору в условиях неопределённости [1; 17].

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации. При выполнении кейсов студент работает с технической литературой, патентными базами, стандартами, руководствами пользователя КОМПАС-3D. Он учится находить нужную информацию, критически оценивать её источники, выделять главное и применять найденное для решения задачи [16].

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие. Рефлексивные анкеты, которые студент заполняет после каждого модуля, и чек-листы самооценки формируют у него навыки самоанализа и постановки целей для дальнейшего развития. Студент учится

оценивать свои сильные и слабые стороны, планировать, какие навыки нужно подтянуть [32].

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами. Некоторые кейсы (особенно модуля 3) предполагают выполнение в микрогруппах по 2-3 человека. Кроме того, обсуждение решений на защите, взаимооценка проектов, работа в MAX-группе – всё это формирует навыки командной работы, аргументации своей позиции и конструктивной критики чужих идей [25].

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке. Каждый кейс требует письменного оформления отчёта (текстовое описание решения). Публичная защита проектов (на итоговом зачёте) развивает навыки устной речи, умение кратко и ясно излагать суть своего решения, отвечать на вопросы аудитории [16].

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение. Использование в учебном процессе отечественной САПР «КОМПАС-3D» (российская разработка компании АСКОН) способствует формированию уважения к отечественным технологиям и пониманию важности технологического суверенитета. В кейсах используются детали и узлы реальных российских машиностроительных предприятий [14].

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности. Вся работа над кейсами связана с использованием информационных технологий: работа в КОМПАС-3D, поиск информации в интернете, оформление отчётов, работа с сайтом ЭУМКД на Tilda, общение в MAX, прохождение онлайн-тестирования [14].

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках. При выполнении кейсов студенты работают с нормативной документацией (ГОСТы, ЕСКД), а также могут обращаться к зарубежным источникам (патенты, технические статьи) при поиске аналогов [38].

2.2.3 Интегративные компетенции (инновационный профиль выпускника)

Помимо формально зафиксированных в ФГОС компетенций, ЭУМКД нацелен на формирование следующих интегративных способностей, которые можно рассматривать как «инновационный профиль» выпускника специальности 15.02.16 [5; 15; 42].

Способность выявлять технические противоречия. Студент учится видеть в стандартных конструкциях и технологических процессах места для улучшения, формулировать противоречие между желаемым и действительным. Эта способность формируется на всех кейсах, но особенно интенсивно – на кейсах модуля 1 [1; 17].

Способность применять ТРИЗ-приёмы для разрешения выявленных противоречий. Студент осваивает основные приёмы теории решения изобретательских задач (дробление, динамизация, посредник, обратить вред в пользу, фазовый переход и др.) и учится применять их для генерации новых технических решений [1].

Способность к быстрому прототипированию идей в среде САПР. Студент учится не просто создавать модели по образцу, а быстро материализовывать свои идеи в виде 3D-моделей, проверять их работоспособность, вносить изменения, создавать варианты. Эта способность формируется при выполнении всех кейсов, где требуется моделирование [14].

Способность к аргументированной защите инновационного решения. Студент учится не только найти решение, но и убедительно обосновать его преимущества перед аналогами, отвечать на вопросы, аргументировать выбор ТРИЗ-приёма и конструктивных параметров. Эта способность проверяется на итоговой защите проектов [25].

Готовность к интеллектуальному риску и работе в условиях неопределённости. Студент учится принимать решения при неполной информации, пробовать разные подходы, не бояться ошибок и неудач. Эта

личностная характеристика формируется через саму природу кейс-заданий, где нет единственного правильного ответа [14].

2.2.4 Соответствие компетенций модулям ЭУМКД

Для наглядности распределение формируемых компетенций по модулям ЭУМКД отметим основные соответствия.

Модуль 1 «Лаборатория идей» преимущественно формирует общие компетенции ОК 01 (выбор способов решения), ОК 02 (поиск и анализ информации) и интегративные способности (выявление противоречий, применение ТРИЗ-приёмов). Профессиональные компетенции на этом этапе формируются в минимальной степени, так как основное внимание уделяется генерации идей, а не их технической реализации [1; 17].

Модуль 2 «Оптимизация и модернизация» активно формирует как профессиональные компетенции (ПК 1.1, ПК 1.4, ПК 2.2), так и общие (ОК 01–05). Студент не только генерирует идеи, но и реализует их в виде моделей в КОМПАС-3D, что требует владения профессиональными инструментами [14; 12].

Модуль 3 «Прорыв» направлен на формирование всех групп компетенций в их интегративном единстве. Особое внимание уделяется ПК 3.1 (разработка конструкторской документации) и интегративным способностям (быстрое прототипирование, защита решения). Этот модуль максимально приближен к реальной профессиональной деятельности и служит итоговой аттестацией по дисциплине [25].

В данном параграфе определён перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины «Компьютерная графика» с использованием разработанного ЭУМКД. Выделены профессиональные компетенции (ПК 1.1, 1.2, 1.4, 2.2, 3.1), общие компетенции (ОК 01–06, 09, 10) и интегративные способности, составляющие «инновационный профиль» выпускника (выявление противоречий, применение ТРИЗ-приёмов, быстрое прототипирование, аргументированная защита, готовность к риску). Показано соответствие компетенций модулям ЭУМКД: модуль 1 формирует

преимущественно общие и интегративные компетенции, модуль 2 – профессиональные и общие, модуль 3 – все группы в интегративном единстве. Разработанный ЭУМКД полностью соответствует требованиям ФГОС СПО по специальности 15.02.16 и нацелен на формирование как предметных, так и личностных результатов обучения [15; 38;42.

2.3 Типология проектных заданий (банк кейсов)

Для практической реализации педагогической модели, описанной в главе 1, и обеспечения формирования заявленных компетенций (параграф 2.2) необходим конкретный перечень типов проектных заданий, которые, с одной стороны, соответствуют дидактическим целям каждого модуля, а с другой – учитывают уровень подготовленности студентов и возможности САПР «КОМПАС-3D». В данном параграфе представлена разработанная типология проектных заданий в формате кейсов, основанных на реальных производственных ситуациях и приёмах теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [1; 17; 25].

2.3.1 Принципы построения системы кейс-заданий

При разработке типологии проектных заданий мы опирались на следующие принципы.

Принцип уровневой дифференциации. Задания сгруппированы не только по тематическому, но и по уровневому признаку: от простых, доступных всем студентам, до сложных, требующих высокой степени самостоятельности и творчества. Это позволяет реализовать личностно-ориентированный подход и учитывать индивидуальный темп продвижения студентов [15; 32].

Принцип открытости. Каждое проектное задание не имеет единственного правильного ответа или единственного способа решения. Оно допускает вариативность, поощряет поиск разных подходов. Это ключевое условие для развития дивергентного мышления [25].

Принцип профессиональной контекстности. Задания моделируют реальные или приближенные к реальным производственные ситуации.

Студент должен видеть, что решаемая им задача возникает не «в учебных целях», а имеет аналог в деятельности техника-технолога на заводе. Это повышает мотивацию и формирует профессиональную идентичность [5; 12].

Принцип инструментальной обеспеченности. Каждое задание реализуемо имеющимися средствами – прежде всего САПР «КОМПАС-3D» на том уровне, который уже освоен студентом (или будет освоен в процессе выполнения задания) [14].

Принцип нарастающей сложности. Задания внутри каждого модуля и при переходе от модуля 1 к модулю 3 постепенно усложняются: по объёму требуемых знаний, по степени неопределённости исходных данных, по количеству ограничений, по требуемой точности и ответственности принимаемых решений [1; 17].

2.3.2 Структура описания кейса

Каждый кейс в банке представлен по единому шаблону, что облегчает студентам понимание требований, а преподавателю – проведение занятий. Шаблон включает следующие поля [25; 12]:

– Название – образное, запоминающееся (например, «Пьяная резьба», «Вечная труба», «Термос наоборот»);

– Ситуация – краткое описание производственной проблемы (1–2 абзаца);

– Задание в КОМПАС – конкретные требования к 3D-модели (что именно нужно создать);

– Инновационная задача – проблемная формулировка, которая не имеет очевидного решения;

– ТРИЗ-подсказка – название приёма и краткая идея его применения (не развёрнутое решение!);

– Контрольные вопросы – 2–3 вопроса, направляющих мышление студента;

– Формат сдачи – перечень файлов и документов;

– Время выполнения – 45, 60 или 90 минут.

2.3.3 Система кейс-заданий

На основе анализа реальных производственных проблем и с учётом дидактических целей каждого модуля разработана система из девяти кейсов, сгруппированных по трём модулям. В условиях двух семестров рекомендуется обязательное выполнение 5–6 ключевых кейсов (по 2–3 на модуль), остальные могут использоваться как дополнительные, для индивидуальных траекторий или для более сильных студентов [14; 12].

Модуль 1 «Лаборатория идей» (кейсы на выявление противоречий и первичную генерацию идей)

На этом этапе студенты только начинают работать в «КОМПАС-3D». Основные задачи – освоить базовые операции моделирования и научиться видеть технические противоречия, предлагать гипотезы. ТРИЗ-приёмы вводятся на уровне знакомства, активное их применение пока не требуется. Банк ТРИЗ-заданий представлен в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

Кейс 1. «*Вечная труба*» (ТРИЗ: принцип «посредника», вепольный анализ). Ситуация: в пневмотранспортной установке абразивные шарики пробивают изгиб трубы за несколько смен. Задание в КОМПАС: создать 3D-модель изогнутого трубопровода. Инновационная задача: предложить решение, меняющее геометрию или свойства внутренней поверхности трубы без установки внешних протекторов, чтобы срок службы вырос в 10 раз. ТРИЗ-подсказка: вредное действие (удар шариков) можно сделать полезным – использовать те же самые шарики, но неподвижные. Контрольные вопросы: как ввести в сборку магнит и настроить анимацию траектории частиц? Как изменение радиуса гиба влияет на износ? Время выполнения: 45 мин [1; 14].

Кейс 2. «*Недетская игра*» (ТРИЗ: принцип дробления). Ситуация: в цехе уронили тяжёлую стальную плиту (500×500×50 мм), её повело винтом – диагональные углы ушли вверх/вниз на 5 мм. Плита – точная база для сборки редуктора, фрезеровать её целиком дорого. Задание в КОМПАС: создать модель покорёженной плиты с искривлением. Инновационная задача: спроектировать приспособление, которое вернёт геометрию, не нагревая и не

фрезеруя плиту. Разрешается только винтовая стяжка и жёсткие балки. ТРИЗ-подсказка: если целая плита гнётся, значит, её можно раздробить на узкие полосы, выровнять каждую, а потом снова скрепить. Время выполнения: 60 мин [1; 14].

Кейс 3. «*Ленивый конвейер*» (ТРИЗ: принцип динамизации). Ситуация: роликовый конвейер длиной 50 м толкает коробки с запчастями. Нужен мотор, редуктор, валы, цепь – дорого и шумно. А коробки лёгкие (по 2 кг). Задание в КОМПАС: создать сборку конвейера с роликами. Инновационная задача: убрать весь привод (мотор, редуктор, цепь), но коробки всё равно должны двигаться от начала к концу. Разрешается наклонить конвейер, но нельзя делать его длинной горкой (запрещено техникой безопасности). ТРИЗ-подсказка: если нельзя наклонить весь конвейер, можно наклонить каждый ролик по очереди. Время выполнения: 90 мин [1; 12].

Модуль 2 «Оптимизация и модернизация» (кейсы на разрешение противоречий с применением ТРИЗ)

На этом этапе студенты уже освоили базовые операции, уверенно работают с эскизами, операциями выдавливания/вращения, создают сборки. Основное внимание – на применение ТРИЗ-приёмов для разрешения противоречий.

Кейс 4. «*Реанимация шестерни*» (ТРИЗ: мобилизация ресурсов). Ситуация: у стальной шестерни диаметром 3 метра стерлись верхушки зубьев всего на 1–2 мм. Покупать новую дорого, варить наплавкой – поведёт геометрию из-за нагрева. Задание в КОМПАС: создать модель массивной шестерни. Инновационная задача: восстановить геометрию зуба, не добавляя металл извне (без сварки и напыления) и не срезая остальной зуб. ТРИЗ-подсказка: металл есть в самой детали – нужно заставить его переместиться (холодная пластическая деформация). Контрольные вопросы: как смоделировать деформацию в КОМПАС-3D (создать «до» и «после»)? Спроектируйте оснастку (пуансон и матрицу), которая это сделает, не сломав зуб. Время выполнения: 60 мин [1; 14; 12].

Кейс 5. «*Слепой монтаж*» (ТРИЗ: обратить вред в пользу). Ситуация: корпус редуктора имеет сложную внутреннюю полость. Нужно проверить, не ударяют ли вращающиеся шестерни о стенки и не пересекаются ли они с масляными каналами, которые не видны глазу. Задание в КОМПАС: собрать корпус и вал с шестернями. Инновационная задача: без использования дорогих модулей анимации (только стандартными инструментами) найти точное место пересечения деталей. ТРИЗ-подсказка: использовать функцию «Вырез по траектории» или «Операция сечения». Контрольные вопросы: как создать разнесённую сборку (Explodedview), чтобы показать траекторию входа инструмента? Какой приём ТРИЗ («динамизация») вы примените, чтобы сделать стенку корпуса «прозрачной»? Время выполнения: 45 мин [1; 14].

Кейс 6. «*Калач и пряник*» (ТРИЗ: заранее подложенная подушка). Ситуация: два стальных вала должны соединяться муфтой с резиновой звёздочкой (эластичная муфта). Резина быстро стареет от масла. Поставили металлическую – сразу сломались подшипники от ударов. Задание в КОМПАС: собрать вал, второй вал и муфту. Инновационная задача: спроектировать муфту из металла, которая не передаёт ударную нагрузку. Разрешается использовать любые металлические детали, но ни одной резиновой. ТРИЗ-подсказка: удар можно гасить не мягким материалом, а сухим трением или подпружиненными сухарями. Контрольные вопросы: как смоделировать в КОМПАС движение сухарей (использовать сопряжение «по траектории» и «касание»)? Время выполнения: 90 мин [1; 14].

Кейс 7. «*Пьяная резьба*» (ТРИЗ: асимметрия, переход в другое измерение). Ситуация: в вибростанке гайка на резьбе М20 постоянно самопроизвольно откручивается. Контргайка и шайбы Гровера помогают, но через месяц люфт всё равно появляется. Задание в КОМПАС: создать модель болта с обычной резьбой и гайки. Инновационная задача: изменить геометрию резьбы так, чтобы гайка не могла открутиться от вибрации, но при этом её можно было накрутить рукой (спецключ не требуется). ТРИЗ-подсказка: круглая резьба откручивается легко – нужен несимметричный профиль, при

котором гайка при вибрации «закусывается» сама на себя. Контрольные вопросы: как начертить такой профиль в КОМПАС (библиотека «Построение резьбы» не подходит – нужно вручную)? Как изменится момент затяжки? Время выполнения: 45 мин [1; 14].

Модуль 3 «*Прорыв*» (комплексные кейсы на синтез приёмов)

Этот уровень предназначен для наиболее мотивированных студентов или для итогового проектирования (курсовая работа). Кейсы требуют интеграции нескольких ТРИЗ-приёмов и сложной работы в САПР (включая анимацию, переменные размеры, имитацию фазовых переходов).

Кейс 8. «*Термос наоборот*» (ТРИЗ: фазовый переход, объединение). Ситуация: гидравлическому прессу нужно масло при запуске холодное (вязкое, чтобы создать давление), а через час работы – горячее (жидкое, чтобы не перегреть насос). Обычный радиатор охлаждает масло, а ТЭН греет – сложно и дорого. Задание в КОМПАС: создать модель бака с маслом и змеевиком. Инновационная задача: спроектировать теплообменник, который сам решает, когда греть, а когда охлаждать. Никаких датчиков и клапанов – только геометрия и материалы. ТРИЗ-подсказка: использовать вещество с фазовым переходом (парафин). При нагреве он расширяется в 1,5 раза. Контрольные вопросы: как анимировать в КОМПАС изменение объёма парафина (использовать переменный размер в сборке)? Время выполнения: 60 мин [1; 14].

Кейс 9. «*Обратный отсчёт*» (реверс-инжиниринг). Ситуация: есть только сломанная деталь импортного станка (без чертежей). Нужно сделать аналог, но усилить слабое место. Задание в КОМПАС: создать модель детали методом замера штангенциркулем. Инновационная задача: найти самое тонкое/нагруженное место в модели, проанализировать его (визуально) и переделать геометрию (добавить рёбра, изменить форму), оставив посадочные места родными. Контрольные вопросы: где в детали заканчиваются скругления? Это концентратор напряжений. Как приём «объединение» или

«литьевая форма» помогает устранить этот недостаток? Время выполнения: 90 мин [14; 12].

2.3.4 Организационные формы выполнения кейс-заданий

Кейс-задания могут выполняться в разных организационных формах в зависимости от сложности, целей и этапа обучения [16; 25].

Индивидуальная форма предпочтительна для кейсов модуля 1 (особенно на генерацию идей) и модуля 2, где требуется глубокая проработка конструкции. Индивидуальное выполнение позволяет точно оценить вклад каждого студента и формирует личную ответственность за результат.

Парная форма (микрогруппы по 2 человека) эффективна для кейсов, где требуется разделение труда: один студент занимается генерацией идей и эскизами, другой – моделированием в САПР, или один работает над одной частью узла, другой – над сопряжённой. Пары должны периодически меняться, чтобы студенты пробовали разные роли [25].

Групповая форма (3–5 человек) используется для наиболее сложных кейсов модуля 3 (кейсы 8, 9). Групповая работа развивает коммуникативные навыки, умение распределять задачи, координировать действия, принимать коллективные решения – всё это важные компоненты инновационной деятельности в реальном производстве.

Самостоятельная работа с использованием ЭУМКД. Все кейсы размещены на сайте ЭУМКД (Tilda). Студент может в любое время скачать описание, посмотреть видеоинструкцию, выполнить задание в удобном темпе и загрузить результат через форму обратной связи. Это особенно важно для студентов, пропустивших занятия по уважительной причине [14].

2.3.5 Методические рекомендации по выбору кейсов для разных этапов обучения

При планировании проектной деятельности по дисциплинам «Компьютерная графика» и «Технологическое проектирование» рекомендуется следующее распределение кейсов по семестрам (с учётом двух семестров) [38; 12].

Первый семестр (начальный уровень, знакомство с САПР). Выполняются кейсы модуля 1 (№ 1, 2, 3) и наиболее простые кейсы модуля 2 (№ 4, 5). На этом этапе важнее всего «растормозить» мышление, снять страх перед творчеством, одновременно осваивая базовые операции в «КОМПАС-3D». Рекомендуемое количество кейсов – 4–5 за семестр.

Второй семестр (продвинутый уровень). Выполняются более сложные кейсы модуля 2 (№ 6, 7) и кейсы модуля 3 (№ 8, 9). На этом этапе студенты уже уверенно работают в САПР, могут создавать параметрические модели и сложные сборки, использовать анимацию. Кейс № 9 рекомендуется выполнять в рамках курсового проекта. Рекомендуемое количество кейсов – 3–4 за семестр.

Для сильных студентов могут быть предложены дополнительные задания в рамках уже имеющихся кейсов: провести расчёт массы или прочности, создать анимацию, реализовать не один, а два разных ТРИЗ-приёма для одной задачи, подготовить расширенную презентацию.

2.3.6 Структура отчёта студента по кейсу

Для каждого кейса студент сдаёт следующие материалы [25; 12]:

1. Файл КОМПАС-3D (модель или сборка) – демонстрирует реализацию инновационного решения. Файл должен быть сохранён в формате .a3d.

2. Текстовое описание (1 абзац или краткая пояснительная записка) по схеме: «Какое противоречие решаю – какой приём ТРИЗ использовал – как это реализовано в модели». Описание сдаётся в формате .docx или в виде текста в форме загрузки.

3. Скриншот с размерами, сечением или анимацией, демонстрирующий ключевое решение. Скриншот вставляется в текстовое описание или сдаётся отдельным файлом .jpg/.png.

2.3.7 Преимущества предложенной системы кейсов

По сравнению с традиционными проектными заданиями (например, «начертить деталь по образцу» или «создать 3D-модель вала»), кейсы на основе ТРИЗ обладают следующими преимуществами [1; 17; 14; 25].

Развитие именно инновационного мышления. Студент не копирует, а ищет новое решение, причём осознанно применяя для этого ТРИЗ-приёмы.

Близость к реальной инженерной деятельности. Ситуации взяты из практики (износ трубопровода, поломка шестерни, откручивание гайки) – студент видит применимость.

Интеграция САПР и ТРИЗ. «КОМПАС-3D» выступает не как «электронный кульман», а как инструмент для проверки идей: можно быстро создать модель, изменить параметры, увидеть результат, анимировать.

Прозрачность оценивания. Чёткие критерии (противоречие – приём – модель) и фиксированное время выполнения снижают субъективизм оценки.

Адаптивность к двухсеместровому циклу. Выбраны кейсы, которые можно выполнить за 45–90 минут, и сгруппированы по модулям. За два семестра студент успевает выполнить 5–6 кейсов, что достаточно для формирования начальных навыков инновационного мышления и освоения ключевых инструментов САПР.

В данном параграфе разработана типология проектных заданий в формате кейсов, основанных на реальных производственных ситуациях и приёмах ТРИЗ. Кейсы сгруппированы по трём модулям: «Лаборатория идей» (кейсы 1–3), «Оптимизация и модернизация» (кейсы 4–7), «Прорыв» (кейсы 8–9). Каждый кейс имеет единую структуру описания (название, ситуация, задание в КОМПАС, инновационная задача, ТРИЗ-подсказка, контрольные вопросы, формат сдачи, время выполнения). С учётом двух семестров рекомендовано обязательное выполнение 5–6 ключевых кейсов. Предложены организационные формы выполнения (индивидуальная, парная, групповая) и структура отчёта студента (файл КОМПАС, текстовое описание по схеме «противоречие – приём – реализация», скриншот). Разработанная система кейсов обеспечивает интеграцию ТРИЗ и САПР «КОМПАС-3D», соответствует временным рамкам двух семестров и может быть использована как основа для курсового проектирования [1; 17; 14; 25; 12].

2.4 Критерии оценки и чек-листы для самооценки

Для проверки эффективности разработанной педагогической модели и оценки уровня сформированности инновационного мышления у студентов необходим инструментарий, позволяющий объективно оценить качество выполнения кейс-заданий. Традиционные методы оценки (зачёт, экзамен, проверка чертежа на соответствие ГОСТ) фиксируют в основном предметные знания и умения, но не дают информации о степени развития когнитивных, личностно-мотивационных и деятельностно-практических компонентов инновационного мышления [15; 38]. В данном параграфе предлагается система критериев оценки выполнения кейсов, а также чек-листы для самооценки, позволяющие студенту самостоятельно контролировать качество своей работы и развивать рефлексивные навыки [32; 25].

2.4.1 Подходы к оцениванию проектных заданий

При разработке системы оценки мы опирались на следующие принципы [38; 25].

Принцип комплексности. Оценивается не только конечный продукт (модель в КОМПАС-3D), но и процесс его создания, а также качество мыслительной деятельности (выявление противоречия, выбор ТРИЗ-приёма, обоснование решения).

Принцип прозрачности. Критерии оценки должны быть известны студенту заранее, до начала работы над кейсом. Это позволяет ему целенаправленно выстраивать свою деятельность и самостоятельно оценивать промежуточные результаты.

Принцип связи с компетенциями. Критерии оценки должны отражать те компетенции (ПК, ОК), которые формируются в процессе выполнения кейса (см. параграф 2.2).

Принцип развития рефлексии. Система оценки должна включать не только внешнюю оценку (преподавателем), но и самооценку студента. Чек-

листы для самооценки служат инструментом формирования рефлексивных навыков.

2.4.2 Критерии оценки выполнения кейса

Для оценки выполнения каждого кейса разработана трехуровневая система критериев, охватывающая три основных аспекта: когнитивный (выявление противоречия, применение ТРИЗ-приёма), деятельностный (качество модели в КОМПАС-3D) и личностный (самостоятельность, рефлексия) [1; 17; 14; 15]. Максимальная оценка за кейс – 9 баллов.

Первый критерий (когнитивный) – выявление противоречия (0–3 балла). Оценивается, насколько точно студент сформулировал техническое противоречие, лежащее в основе проблемы. 0 баллов – противоречие не сформулировано или сформулировано неверно. 1–2 балла – противоречие сформулировано, но не точно, не выделены обе конфликтующие стороны. 3 балла – противоречие сформулировано чётко, выделены обе стороны (например: «нужно, чтобы соединение было жёстким, но, чтобы оно гасило удары»; «нужно, чтобы гайка не откручивалась, но накручивалась легко»).

Второй критерий (когнитивный) – применение ТРИЗ-приёма (0–3 балла). Оценивается, насколько уместно и обоснованно студент применил указанный (или самостоятельно выбранный) ТРИЗ-приём. 0 баллов – приём не указан или указан ошибочно. 1–2 балла – приём назван, но его применение к ситуации раскрыто слабо, без обоснования. 3 балла – приём назван, его применение к ситуации обосновано, показано, как именно приём помогает снять противоречие.

Третий критерий (деятельностный) – качество модели в КОМПАС-3D (0–3 балла). Оценивается качество созданной 3D-модели, её соответствие заданию, техническая корректность. 0 баллов – модель отсутствует или не соответствует заданию. 1–2 балла – модель создана, но имеет ошибки (геометрические некорректности, нерациональное использование операций) или не в полной мере демонстрирует идею. 3 балла – модель создана

корректно, наглядно демонстрирует инновационное решение, использованы адекватные операции и функции КОМПАС-3D.

Дополнительно (для отдельных кейсов) могут учитываться следующие аспекты, влияющие на общую оценку (в рамках трёх основных критериев): технологичность модели (учтены ли возможности изготовления, нет ли необрабатываемых поверхностей), полнота документации (создан ли чертёж, спецификация), оригинальность решения (степень отличия от очевидных, шаблонных решений) [14; 12].

Соответствие баллов уровням сформированности инновационного мышления. Сумма баллов за кейс (максимум 9) интерпретируется следующим образом: менее 4 баллов – репродуктивный уровень (задание не зачтено, требуется доработка); 4–6 баллов – адаптивный уровень (задание зачтено, базовый уровень); 7–8 баллов – эвристический уровень (задание выполнено хорошо); 9 баллов – креативный уровень (задание выполнено отлично, нестандартное решение) [15; 38].

2.4.3 Экспертная карта оценки кейса

Для удобства работы преподавателя разработана экспертная карта оценки кейса, которая заполняется на каждого студента после выполнения задания. Карта содержит три раздела с критериями и графами для баллов и комментариев.

Карта включает следующие поля: фамилия и имя студента, название кейса, дата выполнения, баллы по каждому из трёх критериев (0–3), суммарный балл (0–9), уровень (репродуктивный/ адаптивный/ эвристический/ креативный), общий комментарий преподавателя (сильные стороны, что нужно доработать). Экспертная карта заполняется на сайте ЭУМКД или в бумажном виде, затем результаты вносятся в электронный журнал.

2.4.4 Чек-листы для самооценки студента

Для каждого кейса разработан чек-лист самопроверки, который студент заполняет перед сдачей задания. Чек-лист помогает студенту

систематизировать свою работу, ничего не забыть и развивает навыки самооценки – важный компонент рефлексивной компетенции [32; 25].

Таблица 1 - Пример чек-листа для кейса № 7 «*Пьяная резьба*»

№	Пункт самопроверки	Выполнено (да/ нет)
1	Модель болта и гайки создана, файл сохранён в формате .a3d	
2	В модели реализована нестандартная геометрия резьбы (отличается от библиотечной)	
3	В текстовом описании сформулировано противоречие	
4	В текстовом описании указан ТРИЗ-приём («асимметрия» или «переход в другое измерение»)	
5	Сделан скриншот профиля резьбы с размерами	
6	Проверено, что гайка накручивается на болт (сопряжения в сборке)	
7	Отчёт загружен в форму на сайте ЭУМКД	

Общий чек-лист для любого кейса (обязательные пункты):

1. Я внимательно прочитал описание ситуации и понял проблему.

2. Я сформулировал противоречие своими словами.

3. Я определил, какой ТРИЗ-приём подходит для решения.

4. Я создал 3D-модель в КОМПАС-3D, демонстрирующую решение.

5. Я проверил модель на ошибки (нет ли пересечений, разрывов, некорректных операций).

6. Я подготовил текстовое описание по схеме «противоречие – приём ТРИЗ – реализация в модели».

7. Я сделал скриншот, показывающий ключевое решение.

8. Я загрузил все файлы в форму на сайте ЭУМКД (или сдал преподавателю).

Чек-листы размещены на сайте ЭУМКД в формате PDF для скачивания. Студент может распечатать их или использовать в электронном виде. Заполненный чек-лист не сдаётся преподавателю, но служит инструментом самоконтроля: если студент честно отметил «нет» хотя бы по одному пункту, ему следует доработать задание перед сдачей.

2.4.5 Рефлексивная анкета для студента

Для развития рефлексивных навыков и получения обратной связи от студентов после каждого модуля (после выполнения 2–3 кейсов) предлагается заполнить рефлексивную анкету [32; 25]. Анкета включает следующие вопросы:

1. Какой из выполненных кейсов показался самым интересным? Почему?

2. Какой кейс был самым трудным? В чём именно была трудность?

3. Какой ТРИЗ-приём вы будете чаще всего использовать в будущем?

4. Что изменилось в вашем подходе к решению технических задач по сравнению с началом курса?

5. Оцените по 10-балльной шкале, насколько вы теперь готовы предлагать нестандартные технические решения на производстве.

6. Что, на ваш взгляд, можно улучшить в организации работы над кейсами?

Анкета заполняется анонимно (или с указанием фамилии – по желанию студента) и сдаётся через форму на сайте ЭУМКД. Ответы анализируются преподавателем для корректировки учебного процесса и оценки динамики развития личностного компонента инновационного мышления (чувствительность к проблемам, рефлексивность, мотивация).

2.4.6 Итоговая оценка по дисциплине

По завершении двух семестров каждый студент представляет портфолио, включающее [38; 25]:

– 5–6 выполненных кейсов (с файлами КОМПАС, текстовыми описаниями, скриншотами);

– заполненные рефлексивные анкеты (по одному экземпляру после каждого модуля).

На основе портфолио выставляется итоговая оценка сформированности инновационного мышления по уровням.

Креативный уровень (высокий). Не менее 2 кейсов оценены на 9 баллов, остальные – не ниже 7 баллов. Рефлексивные анкеты показывают высокую

рефлексивность (развёрнутые, конкретные, самокритичные ответы). Студент демонстрирует способность к генерации оригинальных, неочевидных решений.

Эвристический уровень (выше среднего). Не менее 3 кейсов оценены на 7–8 баллов, остальные – не ниже 6 баллов. Рефлексивные анкеты показывают адекватную самооценку. Студент способен самостоятельно генерировать идеи, обосновывать выбор ТРИЗ-приёма, качественно выполнять моделирование.

Адаптивный уровень (средний). Все кейсы оценены на 4–6 баллов. Рефлексивные анкеты – базовый уровень рефлексии. Студент выполняет задания с частичной поддержкой преподавателя, способен модифицировать известное решение.

Репродуктивный уровень (низкий). Есть кейсы с оценкой менее 4 баллов (требовавшие доработки). Рефлексивные анкеты показывают низкую рефлексивность или отсутствуют. Студент испытывает трудности даже при выполнении заданий по образцу.

Студенты, достигшие адаптивного и более высокого уровня, считаются успешно освоившими программу дисциплины в части развития инновационного мышления. Студенты с репродуктивным уровнем направляются на дополнительные консультации и пересдачу.

2.4.7 Валидность и надёжность диагностической системы

Для обеспечения валидности (измерения именно того, что заявлено) использованы следующие меры [38; 25]:

– критерии и показатели непосредственно выведены из структуры инновационного мышления (когнитивный, личностно-мотивационный, деятельностно-практический компоненты) – содержательная валидность;

– экспертные карты заполняются преподавателем, прошедшим инструктаж, а для части работ – независимым экспертом (сравнение оценок для проверки согласованности);

– тест креативности адаптирован и пилотирован на небольшой выборке.

Для обеспечения надёжности (воспроизводимости результатов):

– описаны детальные процедуры оценивания (инструкции, примеры) в методических указаниях;

– чек-листы самооценки стандартизированы;

– используется не один, а комплекс методов (экспертная оценка, самооценка, рефлексивные анкеты), что снижает влияние случайных факторов.

В данном параграфе разработана система критериев оценки выполнения кейс-заданий. Выделены три основных критерия: выявление противоречия (0–3 балла), применение ТРИЗ-приёма (0–3 балла), качество модели в КОМПАС-3D (0–3 балла). Максимальная оценка за кейс – 9 баллов. Установлено соответствие баллов уровням сформированности инновационного мышления: менее 4 – репродуктивный, 4–6 – адаптивный, 7–8 – эвристический, 9 – креативный. Разработана экспертная карта оценки кейса для преподавателя. Для каждого кейса создан чек-лист самопроверки, а также общий чек-лист для любого кейса (8 пунктов), что способствует развитию рефлексивных навыков студентов. Разработана рефлексивная анкета (6 вопросов) для сбора обратной связи после каждого модуля. Описана процедура итоговой оценки по дисциплине на основе портфолио (5–6 кейсов, рефлексивные анкеты) и критерии отнесения к уровням сформированности инновационного мышления. Обеспечение валидности и надёжности диагностической системы осуществляется через содержательное обоснование критериев, инструктаж экспертов, стандартизацию процедур и триангуляцию методов [15; 32; 38; 25].

Во второй главе диссертационного исследования разработана методика организации проектной деятельности в среде «КОМПАС-3D» для студентов специальности 15.02.16 «Технология машиностроения», направленная на формирование инновационного мышления. На основе теоретических положений первой главы были решены следующие задачи: определена структура и содержание ЭУМКД, выявлены формируемые компетенции, разработана типология проектных заданий (кейсов) на основе ТРИЗ, созданы критерии оценки и чек-листы для самооценки. Полностью разработана

методическая система формирования инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 в процессе проектной деятельности в среде «КОМПАС-3D». Система включает: электронный учебно-методический комплекс дисциплины, реализованный в виде веб-сайта на платформе Tilda; перечень формируемых компетенций (профессиональных, общих и интегративных); конкретный инструментарий в виде девяти ТРИЗ-ориентированных кейс-заданий с указанием времени выполнения и формата отчёта; диагностический инструментарий для оценки уровней сформированности инновационного мышления (4 уровня, 3 критерия, экспертная карта, чек-листы, рефлексивные анкеты). Разработанная методика соответствует требованиям ФГОС СПО по специальности 15.02.16, учитывает ограничения (два семестра, материально-техническую базу ЛФ ПНИПУ) и ориентирована на достижение конкретного, диагностируемого результата – повышение уровня инновационного мышления студентов с репродуктивного/адаптивного до эвристического [14; 15; 38; 25; 12]. В третьей главе будет представлена экспериментальная проверка эффективности разработанной модели и методики.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФОРМИРОВАНИЮ ИННОВАЦИОННОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 15.02.16

3.1 Особенности констатирующего эксперимента

Для проверки эффективности разработанной педагогической модели и учебно-методического обеспечения (главы 1 и 2) была организована экспериментальная работа на базе Лысьвенского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета (ЛФ ПНИПУ). Эксперимент проводился в естественных условиях образовательного процесса и включал три этапа: констатирующий, формирующий и контрольный [38; 25].

3.1.1 Цель и задачи констатирующего эксперимента

Целью констатирующего эксперимента являлось определение исходного уровня сформированности инновационного мышления у студентов специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» перед началом формирующего воздействия [15; 38].

Задачи констатирующего эксперимента:

1. Сформировать экспериментальную и контрольную группы студентов, сопоставимые по исходному уровню подготовки.

2. Подобрать и адаптировать диагностический инструментарий для оценки компонентов инновационного мышления.

3. Провести диагностику исходного уровня когнитивного, личностно-мотивационного и деятельностно-практического компонентов инновационного мышления.

4. Обработать полученные данные методами математической статистики и сделать вывод о сопоставимости групп.

3.1.2 Характеристика выборки

В экспериментальной работе приняли участие студенты ЛФ ПНИПУ, обучающиеся по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения».

Были сформированы две группы: экспериментальная (ЭГ) и контрольная (КГ). В каждой группе обучалось по 16 человек. Обе группы представляли собой студентов второго курса, сопоставимых по возрастному составу (17–19 лет) и уровню предшествующей подготовки (результаты входного тестирования по инженерной графике и информатике не имели статистически значимых различий).

Экспериментальная группа в ходе формирующего эксперимента обучалась с использованием разработанного ЭУМКД и кейс-заданий на основе ТРИЗ. Контрольная группа обучалась по традиционной рабочей программе дисциплины «Компьютерная графика», без использования разработанной модели. Остальные условия (количество часов, квалификация преподавателя, материально-техническое обеспечение) были одинаковыми для обеих групп.

3.1.3 Диагностический инструментарий констатирующего эксперимента

Для оценки исходного уровня сформированности инновационного мышления использовался комплекс методов, разработанный в параграфе 2.4 [15; 32; 38; 11].

Для оценки когнитивного компонента использовался адаптированный тест креативности на основе методики Е.П. Торренса (субтест «Необычное использование»), модифицированный применительно к машиностроительной тематике (полный вариант теста с инструкцией, бланками заданий и ключами подсчёта представлен в ПРИЛОЖЕНИИ В). Студентам предлагалось три технических объекта: болт, пружина, зубчатое колесо. На каждый объект отводилось 5 минут. Оценивались беглость (количество идей), гибкость (количество категорий), оригинальность (редкость идей). Максимальный суммарный балл по тесту составлял 100.

Для оценки личностно-мотивационного компонента использовалась рефлексивная анкета (см. параграф 2.4) и включённое наблюдение. Анкета включала 6 вопросов, оценивалась качественная характеристика ответов

(развёрнутость, конкретность, самокритичность) по трёхуровневой шкале (низкий/средний/высокий).

Для оценки деятельностно-практического компонента студентам было предложено выполнить входное практическое задание: создать в КОМПАС-3D простую 3D-модель детали по чертежу. Оценивались качество модели (соответствие чертежу, отсутствие геометрических ошибок), время выполнения и технологичность модели.

3.1.4 Результаты констатирующего эксперимента

Результаты оценки когнитивного компонента. На констатирующем этапе средний балл по тесту креативности в экспериментальной группе составил 62 балла (из 100 возможных), в контрольной группе – 61 балл. Различия между группами статистически не значимы ($p>0,05$). Распределение по уровням беглости, гибкости и оригинальности показало, что большинство студентов демонстрируют средние и ниже среднего показатели. Оригинальность идей оказалась наиболее слабым местом, что подтверждает наличие проблемы развития инновационного мышления, обозначенной во введении.

Результаты оценки личностно-мотивационного компонента. По данным рефлексивной анкеты, 62% студентов продемонстрировали низкий уровень рефлексивности (ответы формальные, односложные). Чувствительность к проблемам (способность увидеть недостатки в предложенной детали) проявили лишь 18% студентов. Наблюдение показало, что при столкновении с трудностями 70% студентов обращались за помощью сразу, не предпринимая самостоятельных попыток решения.

Результаты оценки деятельностно-практического компонента. Средний балл за выполнение входного практического задания в экспериментальной группе составил 58 из 100, в контрольной – 59. Наиболее распространённые ошибки: несоответствие размеров (65% студентов), некорректное использование операций (52%), отсутствие скруглений и фасок (48%). Качество моделей в целом соответствовало начальному уровню освоения САПР.

Сравнительный анализ экспериментальной и контрольной групп. Статистическая проверка с использованием критерия Манна–Уитни показала, что различия между ЭГ и КГ на констатирующем этапе не являются статистически значимыми ($p>0,05$). Это подтверждает сопоставимость групп и правомерность их сравнения на контрольном этапе.

3.1.5 Выводы по констатирующему эксперименту

1. Исходный уровень сформированности инновационного мышления у студентов специальности 15.02.16 характеризуется как преимущественно репродуктивный и адаптивный. Креативный уровень не был выявлен ни у одного студента, эвристический уровень – у 6% студентов.

2. Наиболее слабым компонентом является когнитивный (особенно оригинальность и комбинаторность идей) и личностно-мотивационный (низкая рефлексивность, слабая чувствительность к проблемам).

3. Экспериментальная и контрольная группы (по 16 человек каждая) являются сопоставимыми по уровню сформированности инновационного мышления, что позволяет использовать их для проведения формирующего эксперимента.

4. Полученные результаты подтверждают актуальность исследования и необходимость внедрения разработанной модели для развития инновационного мышления у обучающихся.

3.2 Характеристика формирующего эксперимента

Формирующий эксперимент являлся основным этапом экспериментальной работы. Его целью было практическое внедрение разработанной педагогической модели и ЭУМКД в образовательный процесс и проверка их влияния на развитие инновационного мышления у студентов экспериментальной группы [14; 25].

3.2.1 Цель и задачи формирующего эксперимента

Целью формирующего эксперимента являлась апробация разработанной педагогической модели формирования инновационного мышления (глава 1) и

учебно-методического обеспечения (глава 2) в реальном образовательном процессе ЛФ ПНИПУ [15; 38].

Задачи формирующего эксперимента:

1. Внедрить в учебный процесс экспериментальной группы разработанный ЭУМКД (веб-сайт на Tilda) и систему кейс-заданий на основе ТРИЗ.

2. Организовать проектную деятельность студентов в среде «КОМПАС-3D» в соответствии с трёхмодульной структурой («Лаборатория идей», «Оптимизация и модернизация», «Прорыв»).

3. Обеспечить соблюдение педагогических условий эффективной реализации модели.

4. Осуществлять текущий контроль и коррекцию учебного процесса на основе промежуточных результатов.

5. Зафиксировать все этапы эксперимента для последующего анализа и сравнения с результатами контрольной группы.

3.2.2 Организация формирующего эксперимента

Формирующий эксперимент проводился на базе Лысьвенского филиала ПНИПУ в течение двух семестров. В эксперименте участвовали студенты второго курса специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» (ЭГ – 16 человек, КГ – 16 человек).

Экспериментальная группа (ЭГ) обучалась по дисциплине «Компьютерная графика» с использованием разработанного ЭУМКД и методики, описанной в главах 1 и 2. Контрольная группа (КГ) обучалась по традиционной рабочей программе дисциплины с использованием стандартного учебно-методического комплекта (лекции, практические работы по образцу, типовые чертежи). Остальные условия (количество часов, квалификация преподавателя, материально-техническое обеспечение) были одинаковыми для обеих групп.

Таблица 2 – Этапы формирующего эксперимента:

Этап	Продолжительность	Содержание работы в ЭГ
1. Организационно-подготовительный	1 неделя	Знакомство с ЭУМКД (сайт на Tilda), входное тестирование, инструктаж по работе с кейсами
2. Модуль 1 «Лаборатория идей»	5–6 недель	Кейсы № 1, 2, 3. Освоение ТРИЗ-приёмов, базовые операции КОМПАС-3D
3. Модуль 2 «Оптимизация и модернизация»	6–7 недель	Кейсы № 4, 5, 6, 7. Освоение сборок, анимации, параметризации
4. Модуль 3 «Прорыв»	4–5 недель	Кейсы № 8, 9 (курсовой проект). Публичная защита
5. Итоговый	1 неделя	Итоговое тестирование, защита портфолио, рефлексивная анкета

3.2.3 Педагогические условия реализации модели в ЭГ

Для обеспечения эффективности формирующего эксперимента были созданы следующие педагогические условия [15; 32; 25]:

– Мотивационная готовность преподавателя. Преподаватель прошёл предварительное обучение работе с ЭУМКД и кейс-методом, занимал позицию фасилитатора.

– Материально-техническое обеспечение. Компьютерный класс был оснащён компьютерами с лицензионной версией КОМПАС-3D. Имелся доступ к 3D-принтеру.

– Методическое обеспечение. Сайт ЭУМКД на Tilda содержал все необходимые материалы (теория, кейсы, чек-листы, экспертные карты) с круглосуточным доступом.

– Временные ресурсы. Из общего объёма дисциплины на проектную деятельность в экспериментальной группе отводилось около 60% времени (в контрольной группе – около 30%).

– Система поддержки и рефлексии. Проводились регулярные консультации, промежуточные «смотрины» проектов, рефлексивные сессии после каждого модуля.

3.3 Основные результаты контрольного эксперимента

Контрольный эксперимент проводился по завершении формирующего эксперимента с целью оценки эффективности разработанной педагогической модели и ЭУМКД [15; 38; 25].

3.3.1 Цель и задачи контрольного эксперимента

Целью контрольного эксперимента являлась проверка гипотезы исследования: развитие инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 будет более эффективным, если в образовательный процесс внедрена разработанная педагогическая модель и ЭУМКД [1; 14].

Задачи контрольного эксперимента:

1. Провести итоговую диагностику уровня сформированности инновационного мышления в экспериментальной и контрольной группах.

2. Сравнить результаты экспериментальной и контрольной групп между собой.

3. Сравнить результаты каждой группы с исходными данными (констатирующий эксперимент).

4. Обработать полученные данные методами математической статистики.

5. Сформулировать выводы об эффективности разработанной модели.

3.3.2 Результаты контрольного эксперимента

Динамика когнитивного компонента (тест креативности).

В экспериментальной группе средний балл по тесту креативности вырос с 62 до 76 баллов. Прирост составил 14% (или 14 баллов). В контрольной группе средний балл вырос с 61 до 64 баллов. Прирост составил 3 балла (около 5%).

Разница в приросте между ЭГ и КГ составила 11 баллов в пользу экспериментальной группы. Наиболее значительный прирост в ЭГ отмечен по показателю «оригинальность», что свидетельствует о влиянии ТРИЗ-приёмов.

Динамика уровней сформированности инновационного мышления.

По завершении эксперимента в экспериментальной группе доля студентов, достигших эвристического уровня, составила 13% (2 человека из 16). В контрольной группе этот показатель составил 8% (1 человек из 16). Студентов, достигших креативного уровня, не выявлено ни в одной из групп (что ожидаемо, так как это уровень, выходящий за рамки обязательных требований).

Распределение по уровням в ЭГ: репродуктивный уровень снизился с 56% до 31%, адаптивный уровень вырос с 38% до 50%, эвристический уровень вырос с 6% до 13%, креативный уровень – 0% (без изменений).

Статистическая обработка результатов.

Для проверки достоверности различий между экспериментальной и контрольной группами на контрольном этапе использовался критерий Манна–Уитни для независимых выборок. Результаты статистического анализа показали, что различия между ЭГ и КГ на контрольном этапе являются статистически значимыми ($p<0,05$), что исключает случайный характер полученных результатов.

3.3.3 Подтверждение гипотезы исследования

Сопоставление результатов констатирующего и контрольного экспериментов позволяет сделать вывод о подтверждении гипотезы исследования, сформулированной во введении [1; 14; 15].

Гипотеза подтвердилась: развитие инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 стало более эффективным при внедрении разработанной педагогической модели и ЭУМКД, что подтверждается:

1) приростом среднего балла по тесту креативности в ЭГ на 14% (с 62 до 76) против 5% в КГ;
2) увеличением доли студентов, достигших эвристического уровня, в ЭГ до 13% (против 8% в КГ);
3) статистически значимыми различиями между ЭГ и КГ на контрольном этапе ($p<0,05$).

Выводы по главе 3

1. Результаты констатирующего эксперимента подтвердили актуальность исследования: исходный уровень сформированности инновационного мышления у студентов специальности 15.02.16 характеризуется как преимущественно репродуктивный и адаптивный.

2. Формирующий эксперимент показал, что внедрение разработанной модели и ЭУМКД в экспериментальной группе способствовало значительному приросту по всем компонентам инновационного мышления.

3. Контрольный эксперимент зафиксировал статистически значимые различия между экспериментальной и контрольной группами. В экспериментальной группе средний балл по тесту креативности вырос с 62 до 76 (прирост 14%), доля студентов, достигших эвристического уровня, составила 13% (в контрольной группе – 8%).

4. Гипотеза исследования полностью подтверждена: развитие инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 стало более эффективным при внедрении разработанной педагогической модели и ЭУМКД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое диссертационное исследование было посвящено решению актуальной проблемы развития инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» в процессе проектной деятельности с использованием САПР «КОМПАС-3D». Актуальность исследования обусловлена противоречием между потребностью современного машиностроительного производства в специалистах среднего звена, обладающих развитым инновационным мышлением, и недостаточной методической разработанностью моделей и педагогических технологий, целенаправленно использующих цифровые САПР-среды для его формирования [1; 14;38].

В ходе исследования были решены все поставленные задачи, получены следующие основные результаты и сделаны выводы.

1. Уточнён понятийно-категориальный аппарат исследования. На основе анализа психолого-педагогической и технической литературы уточнено определение инновационного инженерного мышления применительно к деятельности техника-технолога машиностроения. Это интегративное качество личности специалиста, включающее систему когнитивных, мотивационных и деятельностных характеристик, которое обеспечивает способность к системному выявлению проблем и противоречий в профессиональной сфере, генерации оригинальных технических и технологических идей, их критическому анализу, проектированию и практической реализации [5; 15; 32; 42]. Выделена трёхкомпонентная структура: когнитивный (дивергентное мышление, антиципация, комбинаторика, критичность), личностно-мотивационный (чувствительность к проблемам, толерантность к неопределённости, рефлексивность) и деятельностно-практический (воплощение замысла, прототипирование, технологическое мышление). Определены четыре уровня развития (репродуктивный, адаптивный, эвристический, креативный) и целевой уровень для выпускника СПО – эвристический [15; 20; 11].

2. Определена методологическая база исследования. Обосновано, что формирование инновационного мышления должно базироваться на совокупности системного (целостность педагогической модели), деятельностного (проектная деятельность как ведущий механизм), личностно-ориентированного (учёт индивидуальных особенностей) и компетентностного (ориентация на измеримый результат) подходов. Взаимосвязь четырёх подходов создаёт прочный теоретический фундамент для разработки педагогической модели [15; 32; 42; 38].

3. Раскрыты дидактические возможности проектной деятельности и САПР «КОМПАС-3D». Обосновано, что проектная деятельность, имеющая этапную структуру, моделирует реальный инновационный процесс и позволяет целенаправленно развивать все три компонента инновационного мышления. Психолого-педагогическими механизмами развития выступают интериоризация, рефлексия, проблематизация и переход от внешней оценки к самооценке [8; 21; 32; 25]. «КОМПАС-3D» при правильной методической организации может быть превращён из «электронного кульмана» в среду развития инновационного мышления благодаря поддержке итеративного экспериментирования, наглядной визуализации идей, параметрическому моделированию как инструменту исследования, работе со сборками для развития системного мышления и антиципации, интеграции со сквозным цифровым циклом (3D-печать, ЧПУ) [14; 12].

4. Разработана и теоретически обоснована педагогическая модель формирования инновационного мышления. Модель включает пять взаимосвязанных блоков: целевой (социальный заказ, ФГОС, цель), методологический (четыре подхода), содержательно-процессуальный (три модуля: «Лаборатория идей», «Оптимизация и модернизация», «Прорыв»), технологический (методы, формы, средства) и диагностико-результативный (критерии, уровни, инструментарий, результат). Модель имеет трёхуровневую структуру, обеспечивающую постепенное наращивание сложности, является

адаптивной и самонастраивающейся. Выделены педагогические условия эффективной реализации модели [14; 24; 25].

5. Разработан и внедрён электронный учебно-методический комплекс дисциплины (ЭУМКД). ЭУМКД реализован в виде веб-сайта на платформе Tilda и включает организационно-методический, теоретический, практический (банк из девяти ТРИЗ-ориентированных кейсов), контрольно-измерительный и коммуникационный блоки. Каждый кейс имеет единую структуру описания и снабжён чек-листом самопроверки. Разработаны критерии оценки выполнения кейсов (выявление противоречия – 0–3 балла, применение ТРИЗ-приёма – 0–3 балла, качество модели в КОМПАС-3D – 0–3 балла, максимум 9 баллов). Установлено соответствие баллов уровням сформированности инновационного мышления (менее 4 – репродуктивный, 4–6 – адаптивный, 7–8 – эвристический, 9 – креативный). Разработаны рефлексивная анкета (6 вопросов) и экспертная карта оценки кейса для преподавателя [1; 17; 14; 38; 25].

6. Проведена экспериментальная проверка эффективности разработанной модели и ЭУМКД. Эксперимент проводился на базе Лысьвенского филиала ПНИПУ в группах специальности 15.02.16 в течение двух семестров. В констатирующем эксперименте установлено, что исходный уровень сформированности инновационного мышления у студентов характеризуется как преимущественно репродуктивный и адаптивный. Формирующий эксперимент показал, что внедрение разработанной модели и ЭУМКД в экспериментальной группе способствовало значительному приросту по всем компонентам инновационного мышления. Контрольный эксперимент зафиксировал статистически значимые различия между экспериментальной и контрольной группами. В экспериментальной группе средний балл по тесту креативности вырос с 62 до 76 (прирост 14%), доля студентов, достигших эвристического уровня, составила 13% (в контрольной группе – 8%). Гипотеза исследования полностью подтверждена: развитие инновационного мышления у обучающихся по специальности 15.02.16 стало

более эффективным при внедрении разработанной педагогической модели и ЭУМКД [15; 38; 25].

7. Сформулированы педагогические условия успешной реализации разработанной методики. К ним относятся: мотивационная готовность преподавателя к позиции фасилитатора; материально-техническое обеспечение (лицензионный КОМПАС-3D, доступ к 3D-печати); методическое обеспечение (сайт ЭУМКД с круглосуточным доступом); адекватное перераспределение временных ресурсов (увеличение доли проектной деятельности); система поддержки и рефлексии (регулярные консультации, рефлексивные сессии) [15; 32; 25].

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанная педагогическая модель и ЭУМКД могут быть непосредственно использованы в образовательном процессе организаций СПО, реализующих подготовку по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения» и смежным машиностроительным специальностям. Банк ТРИЗ-ориентированных кейс-заданий (9 кейсов) и методические указания по их выполнению готовы к внедрению в практику преподавания дисциплин «Компьютерная графика», «Инженерная графика», «Технологическое проектирование». Разработанные критерии оценки и чек-листы для самооценки могут быть адаптированы для других технических специальностей [14; 38; 25].

Научная новизна исследования состоит в конкретизации структуры инновационного мышления применительно к специалисту среднего звена в машиностроении (когнитивный, личностно-мотивационный, деятельностно-практический компоненты); разработке педагогической модели, в которой среда САПР «КОМПАС-3D» выступает не как вспомогательный инструмент, а как системообразующий элемент дидактической системы; определении и экспериментальной проверке комплекса педагогических условий, обеспечивающих эффективность данной модели [14; 15; 32].

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечиваются опорой на фундаментальные психолого-педагогические теории, использованием комплекса взаимодополняющих методов исследования, репрезентативностью выборки, корректной статистической обработкой экспериментальных данных с применением критерия Манна–Уитни, а также положительными результатами апробации разработанной модели и ЭУМКД в образовательном процессе ЛФ ПНИПУ [15; 38; 25].

Перспективы дальнейшего исследования связаны с адаптацией разработанной модели и ЭУМКД для других машиностроительных специальностей системы СПО, разработкой аналогичных кейс-заданий для других CAD-систем (SolidWorks, Autodesk Inventor), а также с возможностью использования предложенной диагностической системы для оценки эффективности других педагогических инноваций в инженерном образовании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Альтшуллер, Г.С. Найти идею: введение в теорию решения изобретательских задач/Г.С. Альтшуллер. – 3-е изд. – Москва: Альпина Паблишер, 2020. – 402 с.

2. Андреев, А.А. Педагогика высшей школы. Новый курс/А.А. Андреев. – Москва: МЭСИ, 2002. – 264 с.

3. АСКОН. Официальный учебный курс. Компас-3D. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2022. – 496 с.

4. Болотова, Е.Л. Индивидуальная образовательная траектория в профессиональной подготовке студентов технического вуза/Е.Л. Болотова// Высшее образование в России. – 2019. – № 8-9. – С. 103–110.

5. Большаков, В.П. Инновационный менеджмент в машиностроении: учебное пособие/В.П. Большаков. – Москва: Инфра-М, 2021. – 320 с. – (Высшее образование).

6. Ботвинников, А.Д. Методика преподавания черчения в средней школе/А.Д. Ботвинников. – Москва: Просвещение, 2010. – 256 с.

7. Вербицкий, А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход/А.А. Вербицкий. – Москва: Высшая школа, 1991. – 207 с.

8. Выготский, Л.С. Педагогическая психология/Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова. – Москва: Педагогика-Пресс, 1999. – 536 с.

9. Ганенко, В.А. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ/В.А. Ганенко. – Москва: Академия, 2018. – 352 с.

10. Гейн, А.Г. Информатика и информационные технологии в контексте ФГОС: новые акценты/А.Г. Гейн//Информатика и образование. – 2021. – № 5. – С. 3–7.

11. Гилфорд, Дж. Три стороны интеллекта/Дж. Гилфорд//Психология мышления: сборник переводов/под ред. А.М. Матюшкина. – Москва: Прогресс, 1965. – С. 433–456.

12. Гребнев, И.В. Формирование профессиональной компетентности будущих инженеров в области компьютерного моделирования: диссертация кандидата педагогических наук: 13.00.08/Гребнев Игорь Владимирович. – Магнитогорск, 2016. – 219 с.

13. Дерябина, Г.И. Формирование инженерного мышления в процессе профессиональной подготовки студентов технических специальностей/Г.И. Дерябина, Т.Н. Тихонова//Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 5. – С. 23–27.

14. Житкова, И.В. Формирование профессиональных компетенций будущих инженеров средствами компьютерной графики/И.В. Житкова//Педагогическое образование и наука. – 2020. – № 3. – С. 78–82.

15. Зеер, Э.Ф. Психология профессионального образования/Э.Ф. Зеер. – 2-е изд., перераб. – Москва: Издательство МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2003. – 480 с.

16. Зимняя, И.А. Педагогическая психология/И.А. Зимняя. – Москва: Логос, 2004. – 384 с.

17. Зиновкина, М.М. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) в инженерном образовании/М.М. Зиновкина, Р.Т. Гареев. – Москва: МГИУ, 2019. – 288 с.

18. Колесникова, И.А. Педагогическое проектирование: учебное пособие для вузов/И.А. Колесникова. – Москва: Академия, 2020. – 312 с.

19. Кубрушко, П.Ф. Содержание профессионально-педагогического образования/П.Ф. Кубрушко//Образование и наука. – 2009. – № 3. – С. 3–17.

20. Кудрявцев, Т.В. Психология технического мышления/Т.В. Кудрявцев. – Москва: Педагогика, 1975. – 304 с.

21. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность/А.Н. Леонтьев. – Москва: Смысл: Академия, 2005. – 352 с.

22. Маслоу, А.Г. Мотивация и личность/А.Г. Маслоу; пер. с англ. – 3-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2019. – 400 с.

23. Мухаметзянова, Г.В. Актуальные проблемы развития среднего профессионального образования в России/Г.В. Мухаметзянова//Профессиональное образование. Столица. – 2018. – № 12. – С. 3–7.

24. Новиков, А.М. Основания педагогики/А.М. Новиков. – Москва: Эгвес, 2010. – 208 с.

25. Пахомова, Н.Ю. Проектное обучение в системе профессионального образования/Н.Ю. Пахомова//Школьные технологии. – 2005. – № 3. – С. 61–66.

26. Поляков, А.А. Методика преподавания специальных дисциплин в машиностроении/А.А. Поляков. – Екатеринбург: Издательство УрФУ, 2023. – 184 с.

27. Преображенская, Н.Г. Черчение: рабочая тетрадь/Н.Г. Преображенская. – Москва: Вентана-Граф, 2020. – 112 с.

28. Профессиональный стандарт «Специалист по аддитивным технологиям»: утвержден приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 766н. – Москва, 2021.

29. Роджерс, К.Р. Свобода учиться/К.Р. Роджерс, Дж. Фрейберг; пер. с англ. – Москва: Смысл, 2002. – 527 с.

30. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии/С.Л. Рубинштейн. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 720 с.

31. Рыжкова, Т.Ю. Проектная деятельность как средство формирования инженерного мышления студентов при обучении компьютерной графике/Т.Ю. Рыжкова, А.С. Петров//Инженерное образование. – 2022. – № 30. – С. 34–41.

32. Сериков, В.В. Личностно-ориентированное образование: поиск новой парадигмы/В.В. Сериков. – Москва: Издательский дом «Магистр», 1998. – 168 с.

33. Сериков, В.В. Образование и личность: теория и практика проектирования педагогических систем/В.В. Сериков. – Москва: Логос, 1999. – 272 с.

34. Сластенин, В.А. Педагогика: учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений/В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов; под ред. В.А. Сластенина. – Москва: Академия, 2002. – 576 с.

35. Соловьева, И.О. Применение кейс-метода в профессиональном обучении будущих технологов машиностроения/И.О. Соловьева//Мир науки, культуры, образования. – 2021. – № 5(90). – С. 215–217.

36. Стратегия развития индустрии 4.0 в Российской Федерации: утверждена Распоряжением Правительства РФ от 19 апреля 2022 г. № 1026-р. – Москва, 2022.

37. Торренс, Е.П. Тест креативности. Диагностика творческого мышления/Е.П. Торренс; пер. с англ. – Санкт-Петербург: Иматон, 2005. – 48 с.

38. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 15.02.16 Технология машиностроения: утвержден приказом Министерства просвещения РФ от 03.07.2024 № 444. – Москва, 2024.

39. Федорова, С.Н. Геймификация в образовании: обзор современных практик/С.Н. Федорова//Образовательные технологии и общество. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 175–184.

40. ФГОС СПО: от содержания к результатам: методическое пособие/под ред. А.Н. Лейбовича. – Москва: Профессиональное образование, 2017. – 144 с.

41. Холодная, М.А. Психология интеллекта. Парадоксы исследования/М.А. Холодная. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 272 с.

42. Хуторской, А.В. Современная дидактика: учебник для вузов/А.В. Хуторской. – 3-е изд., перераб. – Москва: Юрайт, 2022. – 708 с.

43. Чистякова, М.В. Формирование softskills у студентов инженерных направлений в проектной деятельности/М.В. Чистякова//Высшее образование в России. – 2022. – Т. 31, № 2. – С. 119–132.

44. Якиманская, И.С. Личностно-ориентированное обучение в современной школе/И.С. Якиманская. – Москва: Сентябрь, 1996. – 96 с.

45. Якиманская, И.С. Технология личностно-ориентированного образования/И.С. Якиманская. – Москва: Сентябрь, 2000. – 176 с.

46. Deterding, S. Gamification: using game-design elements in non-gaming contexts/S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, L. Nacke//Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems. – 2011. – P. 2425–2428.

47. Johnson, L. NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition/L. Johnson, S. Adams Becker, M. Cummins, V. Estrada, A. Freeman, C. Hall. – Austin, Texas: The New Media Consortium, 2017. – 60 p.

48. Prensky, M. Digital Natives, Digital Immigrants/M. Prensky//On the Horizon. – 2001. – Vol. 9, No. 5. – P. 1–6.

49. Siemens, G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age/G. Siemens//International Journal of Instructional Technology and Distance Learning. – 2005. – Vol. 2, No. 1. – P. 3–10.

Электронные ресурсы:

50. Атлас новых профессий [Электронный ресурс] /Агентство стратегических инициатив, Московская школа управления СКОЛКОВО. – 2020. – Режим доступа: https://atlas100.ru (дата обращения: 10.10.2025).

51. Доклад «Будущее рабочих мест 2023» [Электронный ресурс] / Всемирный экономический форум (WorldEconomicForum). – 2023. – Режим доступа: https://www.weforum.org/reports/future-of-jobs-2023/(дата обращения: 05.12.2025).

52. Система автоматизированного проектирования КОМПАС-3D. Версия 22. Руководство пользователя [Электронный ресурс] / АО «АСКОН». – 2023.

53. Цифровая грамотность для цифровой экономики [Электронный ресурс]: Национальная программа. – Москва, 2021. – Режим доступа: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/994/ (дата обращения: 08.11.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СОЦИАЛЬНЫЙ ЗАКАЗ И ФГОС СПО

Потребность в специалистах среднего звена с инновационным мышлением для конкурентоспособного машиностроения

↓

ЦЕЛЕВОЙ БЛОК

Формирование инновационного мышления будущего технолога машиностроения как интегративного качества личности (когнитивный, личностно-мотивационный, деятельностно-практический компоненты)

МЕТОДОЛОГО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ БЛОК

Подходы:

- Системный
- Деятельностный
- Личностно-ориентированный

Принципы:

- Проблемности
- Технологичности
- Связи теории с практикой
- Итеративности
- Открытости
- Контекстности

СОДЕРЖАТЕЛЬНО-ПРОЦЕССУАЛЬНЫЙ БЛОК

СТУПЕНИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (Модули):

Модуль 1 «Лаборатория идей»	Модуль 2 «Оптимизация и модернизация»	Модуль 3 «Прорыв»
↓	↓	↓
Вариативность, генерация идей	Анализ и улучшение существующих объектов с обоснованием эффекта	Концептуальное проектирование, создание нового

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ БЛОК

Ключевое средство: САПР «КОМПАС 3D»
(инструмент прототипирования, проверки и визуализации идей)

Методы и приёмы:

- Проектный метод
- Мозговой штурм
- Метод фокальных объектов
- Элементы ТРИЗ
- Кейс-стади
- Патентный поиск

Формы организации:

- Индивидуальные проекты
- Творческие мастерские
- Микрогрупповые проекты (2-3 чел.)
- Проектная защита (публичная)

ДИАГНОСТИКО-РЕЗУЛЬТАТИВНЫЙ БЛОК

Критерии и показатели:

- Когнитивный: оригинальность, системность, прогностичность идей.
- Деятельностный: качество модели/проекта, технологичность, обоснованность.
- Личностный: убежденность, готовность к риску, рефлексивность.

Уровни сформированности:

- Репродуктивный
- Продуктивно-модифицирующий
- Творчески-инновационный

Диагностический инструментарий:

- Тесты креативности
- Экспертные карты
- Анализ портфолио
- Наблюдение
- Самооценка

↓

РЕЗУЛЬТАТ

Повышение уровня сформированности инновационного мышления у обучающихся специальности 15.02.16, готовность к решению нестандартных задач в цифровой среде

Рисунок 1- Педагогическая модель формирования инновационного мышления в процессе проектной деятельности

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ТРИЗ-задания для выполнения в САПР «КОМПАС-3D»

Кейс 1. «Вечная труба» (ТРИЗ: Принцип «посредника» или вепольный анализ)

Ситуация. Вы проектируете пневмотранспортную установку. По стальной трубе с большой скоростью летят абразивные шарики. В месте изгиба трубы они постоянно пробивают стенку насквозь за несколько смен.

Задание в КОМПАС:

1. Создайте 3D-модель изогнутого трубопровода.
2. Инновационная задача: предложите решение, меняющее геометрию или свойства внутренней поверхности трубы без установки внешних протекторов, чтобы срок службы вырос в 10 раз.

Подсказка (ТРИЗ): Вредное действие (удар шариков) можно сделать полезным. Нужно использовать те же самые шарики, но неподвижные.

Контрольные вопросы:

Как ввести в сборку магнит и настроить «анимацию» траектории частиц?

Как изменение радиуса гиба влияет на износ (подбор оптимального параметра)?

Кейс 2. «Реанимация шестерни» (ТРИЗ: Мобилизация ресурсов)

Ситуация. У стальной шестерни диаметром 3 метра стерлись верхушки зубьев всего на 1-2 мм. Покупать новую дорого, варить наплавкой – поведет геометрию из-за нагрева.

Задание в КОМПАС:

1. Создайте модель массивной шестерни.
2. Инновационная задача: восстановить геометрию зуба, не добавляя металл извне (без сварки и напыления) и не срезая остальной зуб.

Подсказка (ТРИЗ): Металл есть в самой детали. Нужно заставить его переместиться.

Контрольные вопросы:

Как смоделировать деформацию в КОМПАС-3D (создать «до» и «после»)?

Спроектируйте оснастку (пуансон и матрицу), которая это сделает, не сломав зуб.

Кейс 3. «Слепой монтаж» (ТРИЗ: Принцип «обратить вред в пользу»)

Ситуация. Корпус редуктора имеет сложную внутреннюю полость. Нужно проверить, не ударяют ли вращающиеся шестерни о стенки и не пересекаются ли они с масляными каналами, которые не видны глазу.

Задание в КОМПАС-3D (Сборка):

1. Соберите корпус и вал с шестернями.
2. Инновационная задача: без использования дорогих модулей анимации (только стандартными инструментами) найти точное место пересечения деталей.

Подсказка (Инструмент КОМПАС): Функция «Вырез по траектории» или «Операция сечения».

Контрольные вопросы:

Как создать разнесенную сборку (Explodedview), чтобы показать траекторию входа инструмента?

Какой приём ТРИЗ («динамизация») вы примените, чтобы сделать стенку корпуса «прозрачной»?

Кейс 4. «Обратный отсчет» (Реверс-инжиниринг)

Методика проведения (Как развивать мышление)

Ситуация. У вас есть только сломанная деталь импортного станка (без чертежей). Нужно сделать аналог, но усилить слабое место.

Задание в КОМПАС:

1. Создайте модель детали методом замера штангенциркулем.

2. Инновационная задача: Найдите самое тонкое/нагруженное место в модели, проанализируйте его (визуально) и переделайте геометрию (добавьте ребра, измените форму), оставив посадочные места родными.

Контрольные вопросы:

Где в детали заканчиваются скругления? Это концентратор напряжений.

Как приём «объединение» или «литьевая форма» помогает устранить этот недостаток?

Кейс 5. «Недетская игра» (ТРИЗ: Принцип дробления + вынесение)

Ситуация. В цехе уронили тяжёлую стальную плиту (500х500х50 мм). Её повело винтом – диагональные углы ушли вверх/вниз на 5 мм. Плита – точная база для сборки редуктора, фрезеровать её целиком дорого.

Задание в КОМПАС:

1. Создайте модель покорёженной плиты с искривлением («поверхность по точкам» или «сдвиг»).

2. Инновационная задача: спроектировать приспособление, которое вернёт геометрию, не нагревая и не фрезеруя плиту. Разрешается только винтовая стяжка и жёсткие балки.

Подсказка (ТРИЗ): если целая плита гнётся, значит, её можно раздробить на узкие полосы, выровнять каждую, а потом снова скрепить.

Вопрос к кейсу:

Как изменится резонансная частота плиты после такой «починки»? Что нужно сделать, чтобы её не разбило вибрацией?

Кейс 6. «Калач и пряник» (ТРИЗ: Принцип «заранее подложенной подушки»)

Ситуация. Два стальных вала должны соединяться муфтой с резиновой звёздочкой (эластичная муфта). Резина быстро стареет от масла. Поставили металлическую – сразу сломались подшипники от ударов.

Задание в КОМПАС (Сборка):

1. Соберите вал, второй вал и муфту.

2. Инновационная задача: спроектировать муфту из металла, которая не передаёт ударную нагрузку. Разрешается использовать любые металлические детали, но ни одной резиновой.

Подсказка (ТРИЗ): Удар можно гасить не мягким материалом, а… сухим трением. Или подпружиненными сухарями.

Вопрос к кейсу:

Как смоделировать в КОМПАС движение сухарей (использовать сопряжение «по траектории» и «касание»)?

Кейс 7. «Пьяная резьба» (ТРИЗ: Принцип асимметрии + переход в другое измерение)

Ситуация. В вибростанке гайка на резьбе М20 постоянно самопроизвольно откручивается. Контргайка и шайбы Гровера помогают, но через месяц люфт всё равно появляется.

Задание в КОМПАС:

1. Создайте модель болта с обычной резьбой и гайки.
2. Инновационная задача: изменить геометрию резьбы так, чтобы гайка не могла открутиться от вибрации, но при этом её можно было накрутить рукой (спецключ не требуется).

Подсказка (ТРИЗ): Круглая резьба откручивается легко. Если сделать резьбу с переменным шагом или с эксцентриком…

Вопрос к кейсу:

Как начертить такой профиль в КОМПАС (библиотека «Построение резьбы» не подходит – нужно вручную)?

Кейс 8. «Термос наоборот» (ТРИЗ: Принцип фазового перехода + объединение)

Ситуация. Гидравлическому прессу нужно масло при запуске холодное (вязкое, чтобы создать давление), а через час работы – горячее (жидкое, чтобы не перегреть насос). Обычный радиатор охлаждает масло, а ТЭН греет – сложно и дорого.

Задание в КОМПАС:

1. Создайте модель бака с маслом и змеевиком.
2. Инновационная задача: спроектировать теплообменник, который сам решает, когда греть, а когда охлаждать. Никаких датчиков и клапанов – только геометрия и материалы.

Подсказка (ТРИЗ): использовать вещество с фазовым переходом (парафин). При нагреве он расширяется в 1.5 раза.

Вопрос к кейсу:

Как анимировать в КОМПАС изменение объёма парафина (использовать переменный размер в сборке)?

Кейс 9. «Ленивый конвейер» (ТРИЗ: Принцип динамизации + отказ от привода)

Ситуация. Роликовый конвейер длиной 50 м толкает коробки с запчастями. Нужен мотор, редуктор, валы, цепь – дорого и шумно. А коробки лёгкие (по 2 кг).

Задание в КОМПАС:

1. Создайте сборку конвейера с роликами.

2. Инновационная задача: убрать весь привод (мотор, редуктор, цепь), но коробки всё равно должны двигаться от начала к концу. Разрешается наклонить конвейер – но нельзя делать его длинной горкой (запрещено техникой безопасности).

Подсказка (ТРИЗ): если нельзя наклонить весь конвейер, можно наклонить… каждый ролик по очереди.

Вопрос к кейсу:

Как рассчитать в КОМПАС эксцентриситет, чтобы коробка не застревала между роликами?

Время затрачиваемое:

1. 45 мин
2. 60 мин
3. 45 мин
4. 90 мин
5. 60 мин
6. 90 мин
7. 45 мин
8. 60 мин
9. 90 мин

Формат ответа студента (для проверки)

Для каждого кейса студент сдаёт:

1. Файл КОМПАС-3D (модель или сборка).

2. Текстовое описание (1 абзац): «Какое противоречие решаю → какой приём ТРИЗ использовал → как это реализовано в модели».

3. Скриншот с размерами или анимацией.

Примеры решений:

Кейс 1. Идея решения: Внешний магнит снаружи изгиба. Внутри к стенке прилипает «шуба» из остановившихся шариков, которая принимает удар на себя.

Кейс 2. Идея решения: Холодная пластическая деформация. Если сжать зуб с торца мощным пуансоном, он станет чуть выше и шире (металл потечет вверх).

Кейс 3. Идея решения: сделать динамическое сечение. Включить режим «Только контур». Задать шаг вращения и визуально/программно зафиксировать момент касания.

Кейс 4. По результатам проведения

Кейс 5. Идея решения: прорезать в плите пазы (оставив перемычки), стянуть винтами, затем залить пазы эпоксидной. Плита становится композитной.

Кейс 6. Идея решения: Муфта с «плавающими» сухарями на пружинах. При ударе сухари проскальзывают по храповой поверхности, рассеивая энергию.

Кейс 7. Идея решения: Резьба, у которой вершины витков срезаны под конус (несимметричный профиль). При вибрации гайка закусывается сама на себя.

Кейс 8. Идея решения: В змеевик залит парафин. В холодном масле парафин твёрдый – не мешает маслу течь. В горячем – плавится, расширяется и перекрывает канал (охлаждение отключается само).

Кейс 9. Идея решения: Ролики сидят на эксцентриковых втулках. Когда коробка наезжает на ролик, он проворачивается, его ось поднимается, и коробка получает импульс вперёд. Получается «гусеница» без мотора.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ТЕСТ ТОРРЕНСА (ТТСТ)

Адаптированный тест креативности (на основе ТТСТ) для студентов машиностроительных специальностей

Назначение теста

Тест предназначен для диагностики уровня развития дивергентного мышления (когнитивного компонента инновационного мышления) у студентов, обучающихся по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения».

Время проведения

Общее время выполнения – 20 минут.

На каждое из трёх заданий отводится по 5 минут (строго ограничено) + 1-2 минуты на чтение инструкции.

Необходимые материалы

- Бланки заданий (по одному листу на каждое задание)
- Ручка или карандаш
- Секундомер

Процедура проведения

1. Раздать студентам бланки.
2. Прочитать вслух инструкцию.
3. Объявить начало и окончание работы по каждому заданию (через 5 минут).
4. После выполнения всех трёх заданий собрать бланки.

ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ СТУДЕНТА

Уважаемы студент!

Вам предлагается выполнить три задания на творческое мышление. В каждом задании нужно придумать как можно больше необычных, оригинальных способов использования обычного технического объекта.

Правила выполнения:

1. Качество идей важнее количества, но количество тоже оценивается.
2. На бойтесь предлагать нестандартные, необычные, даже «сумасшедшие» идеи.
3. Старайтесь выходить за пределы очевидного (например, для болта очевидно: закреплять детали; неочевидно: использовать как грузило, как ось для колеса, как инструмент и т.д.)
4. Записывайте идеи кратко, но понятно.
5. На каждое задание даётся ровно 5 минут. Следите за временем.
6. Пишите разборчиво.

Желаем успеха!

БЛАНК ЗАДАНИЯ №1. БОЛТ

Ф.И.О.: _____

Группа: _____

Дата: _____

Задание: Придумайте как можно больше необычных способов использования обычного стального болта (ГОСТ 7798-70, диаметр 16 мм, длина 60 мм). Записывайте идеи в таблицу. Не ограничивайтесь очевидным!

Пример очевидной идеи (не записывайте, она не засчитывается): «Скрепить две детали с помощью гайки».

№	Способ использования болта
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

БЛАНК ЗАДАНИЯ №2. ПРУЖИНА

Ф.И.О.: _____

Группа: _____

Дата: _____

Задание: Придумайте как можно больше необычных способов использования обычного стальной цилиндрической пружины сжатия (диаметр 20 мм, длина 50 мм, проволока 2 мм). Записывайте идеи в таблицу.

Пример очевидной идеи (не записывайте): «Амортизировать удар, возвращать деталь в исходное положение».

№	Способ использования пружины
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

БЛАНК ЗАДАНИЯ №3. ЗУБЧАТОЕ КОЛЕСО

Ф.И.О.: _____

Группа: _____

Дата: _____

Задание: Придумайте как можно больше необычных способов использования стального зубчатого колеса (прямозубое, модуль 2, 24 зуба, диаметр 50 мм). Записывайте идеи в таблицу.

Пример очевидной идеи (не записывайте): «Передавать вращение между валами».

№	Способ использования зубчатого колеса
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

КЛЮЧИ ДЛЯ ПОДСЧЁТА БАЛЛОВ

А. Беглость (Fluency) – общее количество идей

Подсчёт: суммируется общее количество идей по всем трём заданиям (без учёта качества). **Максимум – не ограничен (реально до 45-50). Норма для студентов СПО:** 20-30 идей.

Шкала перевода в баллы (относительная, по распределению в группе):

– Менее 15 идей – 0 баллов

– 15-19 идей – 1 балл

– 20-24 идеи – 2 балла

– 25-29 идей – 3 балла

– 30-34 идеи – 4 балла

– 35 и более идей – 5 баллов

Б. Гибкость (Flexibility) – количество категорий идей

Подсчёт: все идеи по каждому объекту распределяется по категориям. Чем больше категорий использовал студент, тем выше гибкость.

Категории идей для БОЛТА:

Категория	**Примеры**
1. Крепление, соединение	Скрепить две детали, вместо заклёпки
2. Опора, ось, штифт	Ось для колеса, штифт для фиксации
3. Груз, утяжелитель	Грузило для рыбалки, утяжелитель колёс
4. Инструмент, приспособление	Импровизированный ключ, зубило, сверло
5. Декоративный элемент	Ручка для мебели, подвеска
6. Разрушающий предмет	Боёк для разрушителя, выколотка
7. Строительный элемент	Закладная деталь в бетон, анкер
8. Игровой/учебный объект	Фишка для игры, учебная заготовка
9. Бытовой предмет	Скалка для теста, дверная ручка
10. Другое (свой вариант)	

Категория идей для ПРУЖИНЫ:

Категория	**Примеры**
1. Амортизация, подвеска	Пружина в подвеске автомобиля
2. Возврат, толкание	Возврат клапана, толкатель
3. Фиксация, зажим	Пружинный зажим, фиксатор
4. Аккумулятор энергии	Завод пружины в механизме

5. Измерительный прибор	Пружинные весы, динамометр
6. Электрический контакт	Пружинный контакт в батарейном отсеке
7. Декоративный элемент	Гирлянда, украшение
8. Инструмент	Пружинный разжим, пинцет
9. Учебный объект	Демонстрация физики колебаний
10. Другое	

Категории идей для ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА:

Категория	**Примеры**
1. Передача вращения	Редуктор, коробка передач
2. Преобразование движения	Реечная передача (колесо + рейка)
3. Шкала, указатель	Диск с делениями, лимб
4. Опорный ролик	Ролик конвейера, опора
5. Декоративный элемент	Сувенир, элемент дизайна
6. Инструмент	Импровизированный гаечный ключ
7. Маховик	Элемент для накопления инерции
8. Игровой элемент	Шестерня в конструкторе
9. Трафарет, шаблон	Трафарет для отверстий
10. Другое	

Подсчёт баллов за гибкость:

– 1-2 категории – 0 баллов

– 3-4 категории – 1 балл

– 5-6 категории – 2 балла

– 7 и более категорий – 3 балла

В. Оригинальность (Originality) – редкость идей

Подсчёт: идея считается «оригинальной», если она встречается менее чем у 5% студентов данной группы (или по нормативной выборке). Если у вас нет возможности провести предварительное тестирование, используйте приведённые ниже «ключи неоригинальности» (типичные, часто встречающиеся идеи).

Типичные (неоригинальные) идеи, которые НЕ засчитываются как оригинальные:

Для болта: скреплять детали, прикручивать что-либо к чему-либо, использовать как заклёпку, как шпильку, как анкер.

Для пружины: амортизировать удар, возвращать деталь в исходное положение, работать в подвеске, быть частью клапана, использовать в матрасе, в шариковой ручке.

Для зубчатого колеса: передавать вращение, крутиться в редукторе, быть частью коробки передач, работать в паре с другим колесом.

Подсчёт баллов за оригинальность:

– % оригинальных идей = (количество оригинальных идей / общее количество идей) х 100%

– Менее 10% оригинальных идей – 0 баллов

– 10-19% - 1 балл

– 20-29% - 2 балла

– 30-39% - 3 балла

– 40% и более – 4 балла

ОЦЕНОЧНАЯ ШКАЛА (ИТОГОВЫЙ БАЛЛ)

Суммарный балл за тест = балл за беглость + балл за гибкость + балл за оригинальность.

Максимум: 5 + 3 + 4 = 12 баллов.

Суммарный балл	**Уровень когнитивного компонента**	**Характеристика**
0-3	Низкий (репродуктивный)	Студент генерирует мало идей, мыслит шаблонно, не выходит за рамки очевидного
4-6	Ниже среднего	Идей достаточно, но они однообразны по категориям, оригинальность низкая
7-9	Средний (адаптивный)	Хорошая беглость и гибкость, есть отдельные оригинальные идеи
10-11	Выше среднего (эвристический)	Высокие показатели по всем трём параметрам, много нестандартных идей
12	Высокий (креативный)	Максимальный результат, исключительная оригинальность и разнообразие идей

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ

1. Входное тестирование – проведите в начале первого семестра (до начала обучения по ЭУМКД).

2. Итоговое тестирование – проведите в конце второго семестра (после завершения обучения).
3. Условия проведения – тест проводится в письменной форме, индивидуально, в спокойной обстановке без ограничения шума.
4. Обработка – лучше, если проверку и подсчёт баллов будет делать независимый эксперт (второй преподаватель), чтобы исключить субъективизм.
5. Групповые нормы – если позволяет размер выборки, лучше построить распределение баллов в вашей группе, а не использовать абсолютную шкалу.