

УДК 37.01

DOI: 10.26456/vtsped/2021.1.225

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ШКОЛЫ

А.Т. Фаритов

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет
имени И.Н. Ульянова», Ульяновск

Изучается проблема подготовки школьников к будущей инженерной деятельности. Предложен комплекс педагогических условий (применение технологий трехмерного моделирования и прототипирования в образовательном процессе; организация проектной деятельности школьников по инженерному направлению; организация научного партнерства школы и вуза), способствующий формированию инженерной компетенции обучающихся основного общего образования. Изложены результаты эмпирического исследования по диагностике уровня сформированности инженерной компетенции обучающихся гимназии № 1 города Ульяновска.

***Ключевые слова:** инженерная компетенция, основное общее образования, трехмерный принтер, научное партнерство, проектная деятельность, инженерная деятельность.*

Актуальность представленного исследования обусловлена следующими факторами.

Во-первых, сегодня технологический прогресс вносит коррективы в жизненный уклад общества, рынок труда нуждается в квалифицированных инженерных кадрах, которые обладают навыками практической деятельности, современным взглядом на окружающую действительность, основанными на социально значимых ценностях. Согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642), обеспечение независимости и конкурентоспособности страны должно осуществляться за счёт создания эффективной системы наращивания и наиболее полного использования интеллектуального потенциала нации. Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу создания возможности для выявления талантливой молодежи и построения успешной карьеры в области науки, технологий и инноваций, обеспечив тем самым развитие интеллектуального потенциала страны. Исходя из этого, можно предположить, что довузовская подготовка обучающихся должна быть направлена на обеспечение преимущества общего и высшего образования, всестороннее развитие личности обучающихся в соответствии с их

© Фаритов А.Т., 2021

индивидуальными потребностями (социальные, коммуникативные, познавательные), решать проблему профессионального самоопределения и самоутверждения школьников.

Во-вторых, анализ содержания современной информационной документации, такой как «Атлас новых профессий» (версия 3.0, 2020 г.), разработанный российским инновационным центром «Сколково», ориентирует учителей на раннюю профессиональную подготовку детей начиная с младшей ступени образования. Из содержания данного информационного источника становится очевидным, что часть новых профессий будет так или иначе связана с инженерией: «инженер 3D-печати в строительстве», «диспетчер киберсистем», «ремонтник 2.0», «инженер цифрового моделирования», «оператор промышленных роботов», «оператор станка на основе аддитивных технологий» и т.д. Каждый из этих специалистов должен обладать инженерной компетенцией, высокий уровень сформированности которой будет являться одним из конкурентных преимуществ специалиста будущего.

В-третьих, одним из важных направлений в работе учителя со школьниками является разработка мероприятий, направленных на повышение мотивации к инженерной деятельности, создание системы профессиональной ориентации, повышение уровня престижа профессии инженера в глазах обучающихся [9]. Существует потребность в разработке новых компетенций, которые будут актуальны и востребованы в ближайшее десятилетие.

Анализ исследований инструментов повышения уровня сформированности инженерной компетенции обучающихся и их технической грамотности в рамках общего образования даёт возможность отметить позитивный опыт в направлении решения поставленных государством задач, однако можно констатировать, что потенциал формирования инженерной компетенции обучающихся использован недостаточно. На наш взгляд, причиной этому является отсутствие описания педагогических условий, определяющих технологию формирования инженерной компетенции обучающихся основного общего образования.

Цель статьи состоит в том, чтобы раскрыть и обосновать педагогические условия формирования инженерной компетенции обучающихся средствами технологий трехмерного моделирования и прототипирования, реализации проектной инженерной деятельности, а также организации научного партнёрства школы и высшего учебного заведения на примере города Ульяновска.

В качестве основной задачи исследования было обозначено следующее: выявить, обосновать и экспериментально проверить эффективность педагогических условий формирования инженерной компетенции обучающихся основного общего образования.

Наше исследование основывается на следующих подходах [11]: компетентностный подход, который ориентирован на приобретение опыта решения проблемных задач, предполагающий развитие способностей применения знаний, умений, навыков и опыта практической деятельности в процессе формирования инженерной компетенции; личностно-ориентированный подход, позволяющий осуществлять развитие личности обучающегося с учётом его индивидуальных потребностей, стремлений и интересов, признание самооценности и индивидуальности каждого «субъекта коллектива» с его уникальным жизненным опытом; деятельностный подход – как непрерывный способ построения процесса обучения, при котором школьник включается в проектно-исследовательские виды деятельности путем создаваемой имитации будущей профессиональной деятельности.

В работе использовались методы исследования: теоретические (анализ исторической и психолого-педагогической литературы по изучаемой проблеме, анализ нормативных документов, обобщение); эмпирические (наблюдение, опрос, тестирование, анкетирование, педагогический эксперимент). Исследование проводилось в 2019–2020 гг. в рамках учебного процесса ОГБОУ «Гимназия № 1 им. В.И. Ленина» г. Ульяновска.

В контексте исследования были организованы внеурочные занятия, основанные на технологии проектной деятельности с интеграцией трехмерной печати. В процессе работы над проектом школьники использовали принтер для тестирования полученных объектов, выявления недостатков, оценки физических свойств конструкций и экспериментальной проверки выдвинутой гипотезы. В рамках рассматриваемого вопроса был проведён эксперимент, который осуществлялся в три этапа: констатирующий, формирующий и обобщающий.

В эксперименте учащиеся 7-х классов гимназии работали над инженерными проектами: экспериментальная группа (32 школьника) – с применением технологии трёхмерной печати; контрольная группа (31 школьник) не имела возможности использовать трехмерный принтер и реализовывала проекты с помощью трёхмерных программ.

На констатирующем этапе для установления различий или сходства в исходных знаниях в области инженерного дела было проведено интервьюирование обучающихся. Для определения уровня сформированности компетенции были применены методы тестирования, опроса, беседы и экспертных оценок. Использовались: тест Дж.К. Беннета «Техническое мышление», применяемый для определения технических способностей, тест Дж. Равена «Шкала прогрессивных матриц» для оценки уровня интеллектуального развития и способностей к логическому мышлению [4], а также тестирование на платформе Moodle по теме «Инженерные проекты от А до Я», тест

творческого мышления «Необычное использование» И.С. Аверина и Е.И. Щепланова [1]; тест креативности Е.П. Торренса; вербальной креативности С. Медника; «Креативность» Н.Ф. Вишняковой [6].

Полученные результаты диагностических измерений обучающихся на констатирующем этапе представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общий уровень сформированности инженерной компетенции у обучающихся (констатирующий этап)

Уровни	Экспериментальная группа		Контрольная группа	
	чел.	%	чел.	%
Низкий	16	50,00	17	54,84
Средний	12	37,50	10	32,26
Высокий	4	12,50	4	12,90

На основании данных констатирующего этапа можно прийти к выводу, что большая часть обучающихся показала низкий или средний уровень сформированности инженерной компетенции. Из общего числа респондентов (экспериментальная и контрольная группы) высокий уровень был диагностирован у 8 обучающихся (12,70 %), средний – у 22 обучающихся (34,92 %), низкий – у 33 обучающихся (52,38 %).

На формирующем этапе исследования для экспериментальной группы проводились занятия в инженерной лаборатории. Учащиеся из контрольной группы обучались по стандартной программе основного общего образования и не посещали занятия в инженерной лаборатории, специальной работы по формированию инженерной компетенции не проводилось, компетенция формировалась в естественных условиях образовательного процесса школы.

Инженерная деятельность представляет собой систему взаимодействия человека и различных механизмов (устройств, механизмов, машин), которая предполагает регулярное применение научных знаний, умений, навыков и способностей.

Под инженерной компетенцией обучающихся основного общего образования мы понимаем совокупность личностно-мотивационного, коммуникативно-деятельностного, когнитивного рефлексивно-оценочного компонентов, выражающихся в позитивном отношении к инженерной деятельности и её осуществлению на основе полученных знаний, умений и навыков. Содержательное наполнение данных компонентов включает: мотивацию и ценностные установки к инженерной деятельности; набор определенных знаний и умений, обеспечивающих успешное выполнение инженерной деятельности; способность к сотрудничеству, самоанализу и самоконтролю; дисциплинированность и организованность [11].

Для определения комплекса педагогических условий реализации процесса формирования инженерной компетенции школьников

необходимо учитывать ряд факторов: социальный заказ общества общеобразовательному учебному учреждению; требования ФГОС основного общего образования; содержание и особенности процесса формирования инженерной компетенции обучающихся основного общего образования; идеи синтеза компетентностного, деятельностного и личностного подходов.

В результате анализа исследований, посвященных данной проблеме, мы пришли к выводу, что для результативного процесса формирования инженерной компетенции школьников наиболее значимым является комплекс педагогических условий: 1) использование в учебном процессе технологий трехмерного моделирования и прототипирования; 2) реализация проектной деятельности в направлении «инженерия»; 3) организация научного партнёрства школы и вуза.

Первое условие – использование в учебном процессе технологий трехмерного моделирования и прототипирования.

Технология трехмерной печати представляет собой способ изготовления прототипов объектов посредством послойного вплавления полипропиленовой нити под воздействием высокой температуры. В основе печати лежит цифровая модель, сделанная на компьютере в трехмерном программном редакторе. Такая технология позволяет практически полностью исключить из процесса прототипирования ручной труд и необходимость производить вычислительные расчёты на бумаге.

Как отмечает И.С. Головкин, использование трехмерных технологий (моделирования и печати) позволяет создать условия для выявления и поддержки одарённых детей [5]. Применение трехмерных технологий может быть направлено на активизацию творческих способностей, повышение познавательного интереса к инженерной деятельности. Часто первоначальный интерес к технике возникает под влиянием использования технических средств, сопровождаемого эмоциональным подъёмом (восторг, удивление, переживание успеха и т.п.).

Трёхмерные технологии в общеобразовательном учебном заведении позволяют школьникам получить первый опыт работы с профессиональным оборудованием, аналогичным используемому инженерами в своей работе. В процессе обучения происходит моделирование профессиональной деятельности, проба реальной инженерной деятельности на практике. Такое обучение можно рассматривать как приобретение профессиональных знаний и навыков, которые составляют начальный приобретаемый профессиональный опыт. Данный опыт школьников представляет собой набор накопленных восприятий инженерной деятельности, эмоциональных переживаний, выбора стратегий ведущей деятельности при решении задач, а также системы профессиональных ценностей, убеждений и норм [10]. Полученный учащимися опыт будет оказывать влияние на

дальнейшую профессиональную стратегию деятельности в реальной практике, определять стиль и скорость профессиональной деятельности.

Последовательными этапами внедрения технологии трехмерного моделирования и прототипирования в образовательный процесс являются:

- 1) базовое обучение работе в среде программ трехмерного моделирования – изучение основных способов создания трехмерных объектов в программной среде;
- 2) знакомство с принципами работы трехмерного принтера – создание элементарных конструкций, работа с геометрическими примитивами;
- 3) работа над инженерными проектами – материализация субъективного опыта обучающихся, выполнение конкретных проектов.

Применение технологий трехмерного моделирования и прототипирования в образовательном процессе позволяет повысить интерес обучающихся к профессии инженера, приобрести начальные навыки и умения инженерной деятельности (опыт профессиональной деятельности), способствует эффективной довузовской подготовке.

Второе условие – реализация проектной деятельности в направлении «инженерия». Одним из возможных подходов к решению вопроса формирования инженерной компетенции является развитие у школьников навыков самостоятельной проектной работы в процессе внеурочной деятельности.

От специалиста инженерной деятельности требуются способности критического мышления, умения постановки целей и задач в соответствии с поставленными требованиями, гибкость действий в новых обстоятельствах. Сегодня возрастает тенденция перехода от традиционного решения отдельных профессиональных задач к решению проблем и разработке проектов [7]. Как отмечает В.Д. Васильева [3], в настоящее время многие из начинающих специалистов не обладают достаточным для профессиональной деятельности уровнем проектной культуры, у них наблюдается фрагментарное восприятие инженерного проекта без учёта многочисленных взаимосвязей с окружающим миром. В связи с чем становится актуальным внедрение в практику выполнения школьниками инженерных проектов, которые максимально приближены по своей структуре к реальным, имеющим научную и практическую ценность технических решений.

Инженерное проектирование сегодня относится к наиболее распространенной организационной форме развития инженерно-технических способностей и инновационного мышления у детей. Проектная деятельность направлена как на духовное становление личности школьников, так и на их профессиональную ориентацию через организацию образовательного пространства с погружением в активную деятельность. Обретение школьниками опыта проектной деятельности в области инженерии может способствовать их знакомству с процессом

работы над инженерными проектами, прохождению всех этапов жизненного цикла проекта – от идеи до реального воплощенного в материале объекта.

Инженерная проектная деятельность реализуется в научно-практических лабораториях. Коллективная работа позволяет формировать навык коммуникативной деятельности, чувства товарищества, аккуратность, целеустремлённость и настойчивость [2]. Исходя из этого, целью инженерного проектирования является не только обучение школьников навыкам самостоятельной работы над проектами, но формирование у будущего инженера способности прогнозировать результат, готовности нести ответственность за принятые проекторочные решения не только в процессе инженерной деятельности, но в последующих этапах внедрения полученного продукта в общественную жизнь. К задачам учителя можно отнести организацию такого процесса проектной деятельности, в которой каждый ребёнок понимает суть инженерного проектирования как процесса преобразования живого замысла в искусственный предмет. Понимания того, как будет вести себя данный искусственный предмет в повседневной жизни человека, каким образом он может изменить окружающий мир, какую ценность он будет нести для общества в целом, будет ли он ценным для человечества.

Традиционно работу над инженерными проектами школьники осуществляют самостоятельно при фасилитирующей роли учителя. Преподаватель контролирует и направляет деятельность обучающихся преимущественно в форме консультаций. Инженерный проект предполагает последовательную смену этапов деятельности по решению поставленной образовательной цели.

Опираясь на опыт учёных Мельбурнского королевского технологического университета Дж.П.Т. Мо и Ю.М. Тана [12], мы остановимся на V-модели, которая была предложена в 1980-х гг. немецкими и американскими учёными и применяется для обеспечения проектных групп алгоритмом линейной разработки, используемой в течение жизненного цикла разработки инженерного проекта для снижения затрат на тестирование и отладку, точной оценки поставленных требований, совершенствования системы проектирования на этапе разработки и т.д. [13]. Проектирование с использованием V-модели (рис. 1) позволяет школьникам увидеть общую структуру работы над инженерным проектом, обеспечить «погружение» обучающихся в проективную среду и «прочувствовать» инженерный процесс на всех его стадиях.

V-модель – это хорошо структурированная методология линейной разработки, в которой каждый этап реализуется до начала следующего, последовательно, пока проект не будет завершен. В данной модели все этапы работы над инженерным проектом располагаются в виде буквы V. Этапы проектной инженерной

деятельности представляют цикл с погружением школьника в проблемную ситуацию, личностное восприятие значимости решаемой задачи, разработку системы технических требований и ряд проверяемых условий реализации проекта. Реализуемые этапы должны во многом максимально точно моделировать реальный процесс инженерного проектирования технических систем (объектов).

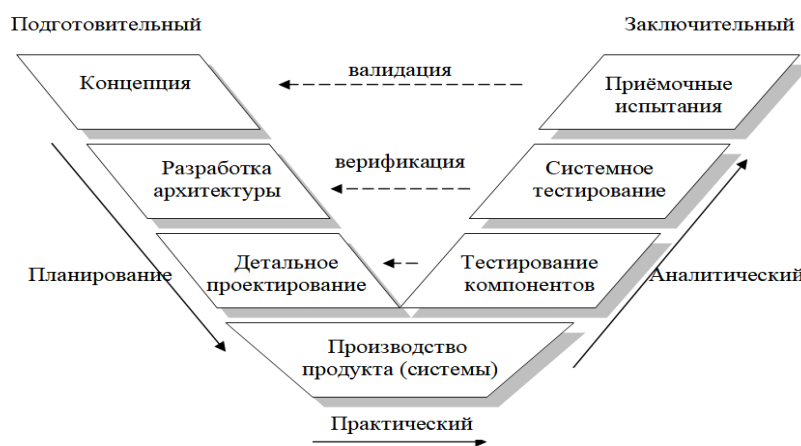


Рис. 1. V-модель и соответствующие этапы процесса работы школьников над инженерными проектами

При таком подходе образовательное пространство трансформируется в источник разнообразного инженерного и проектного опыта, который состоит из комплекса определённых воздействий, через что наука, инженерная культура, проектные навыки преобразуются в образовательный ресурс. И чем более успешное влияние будет оказывать образовательное пространство, тем более высокий уровень формирования инженерной компетенции будет достигнут.

Третье условие – организация научного партнёрства школы и высшего учебного заведения. Взаимодействие в сфере образования предполагает многоуровневые связи между субъектами образовательного процесса, направленные на достижение общих поставленных целей, на принципах самоорганизации, добровольности и оперативности. Достижение поставленных целей зависит от качественной работы всех участников взаимодействия и количества располагаемых ресурсов. Включение в образовательную среду новых участников партнерства определяется вопросами их совместной деятельности. Одной из задач учреждения общего образования становится построение интегрированной системы взаимодействия вуза, научного учреждения, школы с учётом специфики образовательного пространства.

В рамках ФГОС основного общего образования второго поколения определены требования к подготовке школьников в инженерно-техническом направлении: использование современных информационных технологий в проектно-исследовательской деятельности, а также

ресурсов вузов, с включением научных работников в образовательный процесс. Инженерная подготовка обучающихся осуществляется с использованием новых образовательных технологий с учётом интереса школьников в направлении научно-технического творчества.

В общеобразовательных учебных заведениях активно внедряется проектная деятельность, в которой учащиеся учатся постановке целей, получают коммуникативные навыки, умение анализировать и презентовать информацию. Учитель обретает новый статус, переходя от простой передачи знаний к роли наставника, помощника. В связи с этим особая роль отводится научным инженерным проектам, реализация которых позволяет школьникам «погрузиться в профессию» и встать на путь профессионального самоопределения.

Непрерывность учебного процесса детерминирует интеграцию всех знаний в общую образовательную среду, включающую все ступени обучения. Для эффективной работы системы необходимо иметь партнёрские отношения между образовательными учреждениями. Партнёрство двух образовательных учреждений можно рассматривать как установление достаточно прочных связей между вузом и школой при соблюдении баланса интересов в повышении качества и уровня образования, интеграции в единое целое [8].

Необходимо определить этапы научно-проектной работы обучающихся в рамках образовательного партнёрства, которые способствуют формированию инженерной компетенции, диагностируют уровень её сформированности. Таким образом, получаем следующие организационные этапы, реализуемые в рамках партнёрства школы и вуза:

1. Выявление наиболее мотивированных учеников к инженерной деятельности. Знакомство с ресурсами высшего учебного заведения, материально-технической базой и преподавательским составом.

2. Подготовительная работа со школьниками к научно-проектной деятельности (лекции, семинары).

3. Подбор проектной группы, определение её состава, выбор направления работы. Осуществление практических занятий на базе лабораторий университетов. Помощь преподавателей в поиске и подборе информации, работе с оборудованием и т.д.

4. Представление, защита и оценка инженерного проекта школьников на конференции. Проведение экспертной оценки со стороны преподавателей вузов.

5. Подведение итогов работы школьников, рефлексия.

Партнёрство школы и вуза способствует стимулированию обучающихся к осознанному выбору профессии инженера, мотивирует к получению высшего образования, предоставляет место для научно-проектной деятельности на базе университетских лабораторий. Необходимо отметить улучшение качества образования, создание

системы ранней профориентации, приобщение школьников к системе обучения в высшем учебном заведении для облегчения адаптации в будущем и обеспечения непрерывности образования. Привлечение ресурсов высшего образования способствует расширению потенциала внеурочной деятельности школьников по направлению «инженерия».

На обобщающем этапе эксперимента было осуществлено тестирование участников контрольной и экспериментальной групп для определения конечного уровня сформированности инженерной компетенции. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Общий уровень сформированности инженерной компетенции
у обучающихся (обобщающий этап)

Группа	Констатирующий					
	Низкий		Средний		Высокий	
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Экспериментальная	4	12,50	16	50,00	12	37,50
Контрольная	15	48,39	12	38,71	4	12,90

Значительная динамика общего уровня сформированности инженерной компетенции зафиксирована в экспериментальной группе: доля обучающихся с высоким уровнем увеличилась с 12,5 % до 37,5 %; со средним – с 37,5 % до 50 %; а с низким уменьшилась с 60 % до 12,5 %, тогда как в контрольной доля обучающихся с высоким уровнем не изменилась – 12,5 %, произошёл рост доли обучающихся со средним уровнем – с 32,26 % до 38,71 %.

Результаты проведенного исследования доказывают, что эффективному и результативному процессу формирования инженерной компетенции школьников способствует комплекс педагогических условий: использование в учебном процессе технологий трехмерного моделирования и прототипирования; реализация проектной деятельности в направлении «инженерия»; организация научного партнёрства школы и высшего учебного заведения. Таким образом, считаем целесообразным внедрение выделенных педагогических условий в образовательный процесс школ с целью повышения уровня сформированности инженерной компетенции обучающихся. В дальнейших исследованиях необходимо изучить влияние этих условий на отдельные компоненты инженерной компетенции: коммуникативный, деятельностный, рефлексивный и когнитивный.

Список литературы

1. Аверина И.С., Щепланова Е.И. Вербальный тест творческого мышления «Необычное использование»: пособие для шк. психологов. М.: Соборь, 1996. 60 с.
2. Афлятунова Н.А. Подходы к пониманию сотрудничества в психологической науке // Вестн. Сибир. ин-та бизнеса и информ. технологий. 2013. № 3 (7). С. 43–46.

3. Васильева В.Д., Петрунева Р.М. Проблема формирования проектной культуры будущего инженера // Мир науки, культуры, образования. 2010. № 3 (22). С. 105–107.
4. Васильева И.В. Практикум по психодиагностике: учеб. пособие. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2014. 375 с.
5. Головки И.С. Инженерное 3D-моделирование и прототипирование в школе // Наука и образование: векторы развития. Современные тенденции развития школ-интернатов и коррекционных образовательных учреждений России: тез. докл. Всерос. конф. Чебоксары, 24–24 октября 2016 г. Чебоксары, 2016. С. 266–271.
6. Диагностика коммуникативных особенностей личности: метод. рекомендации / сост. Л.И. Савва, Е.Ю. Семькина. Магнитогорск: МГПИ, 1998. 49 с.
7. Донцова Т.В., Арнаутов А.Д. Формирование инженерного мышления в процессе проектной деятельности // Инженерное образование. 2014. № 16. С. 70–75.
8. Иванова Н.В., Минаева Е.В., Марунина Г.Н. Социальное партнерство «вуз – школа» в рамках дисциплины «Педагогические технологии начального образования» // Междунар. журн. прикл. и фундамент. иссл. 2017. № 5. С. 321–323.
9. Ревякина В.И., Осетрин К.Е. Профорентация школьников: опыт прошлого и проблемы настоящего // Вестн. Томск. гос. пед. ун-та. 2015. № 5 (158). С. 244–248.
10. Салахбеков А.П., Умаев А.У., Булуева Ш.И. Роль интересов и способностей в развитии технического творчества школьников // Проблемы совр. пед. образования. 2019. № 63-3. С. 138–142.
11. Фаритов А.Т. Компонентный состав системы формирования инженерной компетенции обучающихся общеобразовательной организации // Педагогика и просвещение. 2020. № 1. С. 56–62.
12. Mo J. P. T., Tang Y. M. Project-based learning of systems engineering V model with the support of 3D printing // Australasian J. of Engineering Education. 2017. № 22 (1). Pp. 3–13.
13. Rook, Paul, E. Rook, Controlling software projects // IEEE Software Engineering J., 1986. № 1(1). Pp. 7–16.

Об авторе:

ФАРИТОВ Анатолий Тависович – аспирант ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова» (432071, г. Ульяновск, площадь Ленина, дом 4/5), e-mail: anatolij-faritov@yandex.ru

PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE FORMATION OF ENGINEERING COMPETENCE OF STUDENTS IN THE EDUCATIONAL SPACE OF THE SCHOOL

A.T. Faritov

¹Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov, Ulyanovsk, Russia

The problem of preparing students for future engineering activities is studied. A set of pedagogical conditions that contribute to the formation of engineering competence of students of basic General education is proposed. The results of an empirical study on the diagnosis of the level of formation of engineering competence of students of the Ulyanovsk gymnasium are presented.

Keywords: *engineering competence, basic General education, three-dimensional printer, scientific partnership, project activity, engineering activity.*