ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК: 378.147.62

СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ В АНАЛИЗЕ ОБЪЕКТОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ТЕХНИКИ: АВТОРСКАЯ МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Ботир Усмонов Шукуриллаевич,
Доктор технических наук, профессор, Ректор Ташкентского химико-технологического института
ORCID: 0000-0002-4654-9782
E-mail: rector@tkti.uz
Артиков Асқар
Доктор технических наук, профессор, Ташкентского химико-технологического института профессор кафедры «Автоматизация и цифровое управление»
ORCID: 0009-0007-3874-7096
E-mail: a.artikov@tkti.uz
Максудова Азиза Икрамджановна
Ташкентский химико-технологический институт, ассистент кафедры «Автоматизация и цифровое управление»
ORCID: 0000-0002-3001-4812
E-mail: azizamaksudova1984@gmail.com
Шукуриллаев Жахонгир Ботир ўғли,
Ташкентского государственного экономического университета Главный специалист «Дирекции по эксплуатации зданий и сооружений»
E-mail: shukurillaevzh@yandex.com
Хушвактов Ойбек Аслиддин ўғли
Университета Ренессанс образования Ассистент кафедры «Информационных технологий»
ORCID: 0009-0003-2532-8918
E-mail: oybeksjob@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема формирования системного мышления у студентов инженерных специальностей в условиях возрастающей сложности современных технических объектов и недостаточной разработанности эффективных педагогических инструментов его формирования и оценки, что определяет актуальность исследования. Целью работы является разработка и обоснование методики формирования и оценки системного мышления. Методология исследования основана на принципах системного анализа, компетентностного подхода и педагогического моделирования. Предложенная методика включает семь

ISSN 3030-3907

последовательных этапов, охватывающих представление объекта как интегрированной системы материальной структуры, процесса и энергии, а также последующее моделирование и оптимизацию. Для оценки уровня сформированности системного мышления разработана 21-балльная шкала. Результаты апробации показали высокую корреляцию между уровнем сформированности системного мышления и итоговыми учебными достижениями студентов. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения методики в технических и гуманитарных дисциплинах. Сделан вывод о том, что предложенный подход способствует развитию системного мышления и формированию способности к принятию сложных инженерных решений.

Ключевые слова: инженерное образование, системное мышление, компетентностный подход, педагогическая диагностика, моделирование, иерархическая декомпозиция, оценка компетенций.

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy texnik obyektlarning murakkablashuvi sharoitida muhandislik yo‘nalishi talabalarida tizimli fikrlashni shakllantirish muammosi hamda uni rivojlantirish va baholashning samarali pedagogik vositalari yetarli darajada ishlab chiqilmaganligi asoslab beriladi, bu esa tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi. Tadqiqotning maqsadi tizimli fikrlashni shakllantirish va baholash metodikasini ishlab chiqish va asoslashdan iborat. Tadqiqot metodologiyasi tizimli tahlil tamoyillari, kompetensiyaviy yondashuv va pedagogik modellashtirishga asoslanadi. Taklif etilgan metodika obyektni moddiy tuzilma, jarayon va energiyaning integrallashgan tizimi sifatida tasavvur qilishdan boshlab, modellashtirish va optimallashtirishgacha bo‘lgan yetti ketma-ket bosqichni o‘z ichiga oladi. Tizimli fikrlash darajasini baholash uchun 21 ballik shkala ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari talabalar tizimli fikrlash darajasi bilan ularning o‘quv natijalari o‘rtasida yuqori bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati metodikani texnik va gumanitar fanlarda qo‘llash imkoniyati bilan belgilanadi. Xulosa qilinadi-ki, mazkur yondashuv talabalarida tizimli fikrlashni rivojlantirish va murakkab muhandislik qarorlarini qabul qilish qobiliyatini shakllantirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: muhandislik ta’limi, tizimli fikrlash, kompetensiyaviy yondashuv, pedagogik diagnostika, modellashtirish, ierarxik dekompozitsiya, kompetensiyalarni baholash.

Abstract. This article addresses the problem of developing systems thinking among engineering students in the context of increasing complexity of modern technical objects and the insufficient development of effective pedagogical tools for its formation and assessment, which determines the relevance of the study. The

ISSN 3030-3907

aim of the research is to develop and substantiate a methodology for the formation and evaluation of systems thinking. The methodological framework is based on the principles of systems analysis, the competency-based approach, and pedagogical modeling. The proposed methodology includes seven sequential stages, covering the representation of an object as an integrated system of material structure, process, and energy, followed by modeling and optimization. A 21-point scale has been developed to assess the level of systems thinking formation. The results of the study demonstrate a high correlation between the level of systems thinking development and students' academic performance. The practical significance of the research lies in the possibility of applying the methodology in both technical and humanities disciplines. It is concluded that the proposed approach contributes to the development of systems thinking and the ability to make complex engineering decisions.

Keywords: engineering education, systems thinking, competency-based approach, pedagogical assessment, modeling, hierarchical decomposition, competency assessment.

ВВЕДЕНИЕ.

Современный этап развития инженерных технологий характеризуется ростом междисциплинарных связей и увеличением числа взаимозависимых параметров, определяющих функционирование технических систем. В этих условиях перед системой высшего образования стоит актуальная задача подготовки специалистов, способных эффективно анализировать и оптимизировать многокомпонентные технические системы. В этой связи способ системного мышления рассматривается как одна из ключевых универсальных компетенций современного специалиста (Grohs et al., 2018; Frank, 2012).

В научной литературе системное мышление интерпретируется как способность к целостному анализу структуры и динамики сложных объектов. В отличие от традиционного аналитического подхода, оно не ограничивается разложением объекта на отдельные элементы, а предполагает его рассмотрение как целостной и динамической системы. При этом системное мышление и способность принимать ответственные решения тесно взаимосвязаны и выступают взаимодополняющими компетенциями в инженерной деятельности (Шейнбаум & Пятибратов, 2021).

Несмотря на широкое распространение концепции системного мышления, проблемы его формирования и оценки остаются актуальными. В частности, существующие инструменты оценки - анкеты, рейтинговые системы и методы самооценки - зачастую не обеспечивают чёткой

ISSN 3030-3907

операционализации компетенций, а также не обладают достаточной обоснованностью с точки зрения надёжности и валидности (Cruz et al., 2020).

Кроме того, формирование данных навыков оказывает прямое влияние на качество освоения сложных междисциплинарных знаний, особенно в контексте изучения сложных природных и социальных систем (Assaraf & Orion, 2005). Современные исследования также показывают, что системное мышление формируется как ключевая компетенция не только в технических, но и в социально - гуманитарных направлениях (Vázquez-Parra et al., 2025).

Вместе с тем, высокая степень неопределённости и многопараметричность современных технологических процессов требуют применения системного мышления наряду с современными интеллектуальными методами при их управлении и моделировании (Yakubova et al., 2024). Однако применяемые в образовательной практике системы контроля преимущественно ориентированы на оценку репродуктивных знаний и алгоритмических навыков, что не позволяет в полной мере диагностировать способность студентов к системному анализу и синтезу.

С позиции подхода системного мышления объект следует рассматривать как единство материальной структуры, процессов и энергии, что позволяет глубже понять его сложную природу (Artikov, 2023; Artikov, 2024). Однако имеющиеся исследования преимущественно изолированно рассматривают отдельные компоненты системного анализа данной проблемы и не предлагают комплексных и интегрированных методик формирования системного мышления и его количественной оценки.

Таким образом, возникает противоречие между необходимостью формирования системного мышления в образовательном процессе и недостаточной разработанностью эффективных методов его развития и объективной оценки. Данное противоречие определяет научную проблему исследования.

Научная новизна исследования заключается в разработке интегрированной поэтапной методики формирования системного мышления, основанной на представлении объекта как целостной системы. В рамках данной методики также предлагается система критериев и показателей, позволяющая количественно оценивать уровень сформированности системного мышления (Lavi et al., 2020; Lavi & Dori, 2019).

Цель исследования - разработка и научное обоснование методики формирования системного мышления и оценки уровня его сформированности у студентов инженерных направлений подготовки.

ISSN 3030-3907

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

-проанализировать теоретические основы системного мышления;

-выявить проблемы его формирования в образовательном процессе;

-разработать поэтапную методику развития системного мышления;

-определить критерии и показатели его оценки;

-провести апробацию разработанной методики и оценить её эффективность.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанной методики в образовательном процессе, что способствует повышению качества подготовки специалистов, их готовности к решению сложных инженерных задач, а также развитию профессиональных компетенций (Kurent & Avsec, 2023; Aguilar-Cisneros et al., 2022; Thomas & Magana, 2025).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Исследование проводилось на базе Ташкентского химико-технологического института в период 2023 - 2025 гг. В эксперименте приняли участие студенты инженерных направлений подготовки (бакалавриат), обучающиеся по дисциплинам, связанным с моделированием и проектированием технических систем. Общий объем выборки составил 72 человека, из них 36 студентов экспериментальной группы и 36 — контрольной группы.

Объектом исследования является процесс формирования системного мышления у студентов инженерных специальностей. Предмет исследования-методические подходы, обеспечивающие поэтапное формирование и оценку системного мышления на основе разработанной авторской методики.

В инженерии системное мышление рассматривается как совокупность когнитивных компетенций, каждая из которых может быть оценена с использованием соответствующих критериев (Frank, 2012).

Методологическую основу исследования составляют положения системного анализа, компетентностного подхода и педагогического моделирования. В качестве теоретической базы использованы научные труды в области формирования инженерного мышления, системного анализа и образовательных технологий.

В ходе исследования были применены следующие методы:

– *теоретические методы:* анализ научной литературы, сравнительный анализ существующих подходов, обобщение и систематизация научных данных;

ISSN 3030-3907

– *эмпирические методы:* педагогический эксперимент, наблюдение, тестирование и оценка учебной деятельности студентов;
– *методы моделирования:* построение иерархических структур, разработка компьютерных моделей технических объектов;
– *методы количественного анализа:* статистическая обработка результатов, корреляционный анализ зависимости уровня системного мышления от учебных достижений студентов.

Экспериментальная работа включала несколько этапов. На первом этапе проводилась диагностика исходного уровня системного мышления студентов с использованием разработанных критериев. На втором этапе в учебный процесс была внедрена авторская семишаговая методика, направленная на формирование системного мышления посредством последовательного освоения анализа, декомпозиции, моделирования и оптимизации технических объектов. На третьем этапе осуществлялась итоговая оценка уровня сформированности системного мышления с применением 21-балльной шкалы.

Достоверность результатов обеспечивается репрезентативностью выборки, использованием комплекса взаимодополняющих методов исследования, а также сопоставлением полученных данных с результатами итоговой аттестации студентов.

Для оценки уровня сформированности системного мышления была разработана критериальная шкала (табл. 1).

Таблица 1.

Критерии и показатели оценки уровня сформированности системного мышления

Шаг	Критерии	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
1.Триединство (матери, процесс, энергия)	Выделение всех компонентов	Не выделено	1-2 компонента	Все три с ошибками	Четкое разделение
2.Иерархическая декомпозиция	Качество уровней	Нет структуры	1 уровень	2-3 уровня с ошибками	Чёткая многоуровневая структура (3+ уровня)

ISSN 3030-3907

3.Входы/выходы	Полнота описания параметров	Параметрине указани	Описание частичное, с ошибками	Все параметри указани, но не для вцех уровней	Полное и точное описание для вцех уровней
4.Связи между квазиобьектами	Отображение взаимосвязей	взаимосвязи не выявлены	Есть, но слабые	Построен граф/матрица связей, но с пропусками	Полная матрица или граф с пояснениями
5.Модель низшего уровня	Работоспособност модели	модель отсутствует	Модель создана, но неработоспособна	Модель работает, но сильно упрошена	Адекватная модель с возможностю вариации параметров
6.Комплексная модель	Интеграсия частей в селое	Сборка не виполнена	Модели соединени механически, без внутренней связи	Модель работает, но присутствуют ошибки	Полносенная, корректно работаюшая модель
7.Оптимизация	Качество проведённого анализа	Оптимизация не проводилась	Поитка оптимизации, но неверная по сути	Оптимизация по одному параметру	Многопараметрическая оптимизация с обоснованием

Максимальный балл составляет 21. Уровни сформированности системного мышления интерпретируются следующим образом: 0-7 баллов - низкий уровень; 8-14 баллов-средний уровень; 15-21 балл-высокий уровень.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

ISSN 3030-3907

В ходе проведённого педагогического эксперимента проведён количественный анализ изменений уровня сформированности системного мышления у студентов инженерных направлений подготовки. Оценка проводилась на основе разработанной 21-балльной шкалы, включающей критерии по каждому из семи этапов методики.

Исследования показывают, что развитие системного мышления во многом зависит от индивидуальных когнитивных особенностей обучающихся и уровня их вовлеченности в образовательный процесс (Assaraf & Orion, 2005).

На констатирующем этапе исследования было установлено, что большинство студентов демонстрируют низкий и средний уровень системного мышления. Средний показатель составил 9,2 балла из 21 возможного, что свидетельствует о фрагментарном восприятии технических объектов и недостаточной сформированности навыков системного анализа.

После внедрения авторской методики зафиксировано статистически значимое увеличение показателей исследуемых показателей. На контрольном этапе средний уровень системного мышления увеличился до 15,8 балла, что на 71,7 % выше исходного значения. При этом существенно возросла доля студентов, продемонстрировавших высокий уровень (с 18 % до 52 %), а количество студентов с низким уровнем значительно сократилось (с 46 % до 12 %).

Анализ результатов по отдельным критериям показал, что наибольший прирост наблюдается в показателях, связанных с иерархической декомпозицией, установлением связей между элементами системы и построением комплексных моделей. Это свидетельствует о том, что предложенная методика способствует формированию у студентов целостного представления о технических объектах и развитию навыков системного анализа и синтеза.

Полученные результаты подтверждаются также повышением академической успеваемости студентов. Установлена положительная корреляция между уровнем сформированности системного мышления и итоговыми оценками по профильным дисциплинам ($r = 0,68$), что свидетельствует о статистически значимой связи и достоверности полученных данных.

Практическая эффективность разработанной методики проявляется в улучшении способности студентов к решению комплексных инженерных задач, требующих учета множества взаимосвязанных параметров. В ходе выполнения практических заданий студенты стали более уверенно

ISSN 3030-3907

применять методы декомпозиции, моделирования и оптимизации, что подтверждается результатами наблюдения и экспертной оценки.

Достоверность результатов обеспечивается использованием комплексного подхода к оценке, включающего количественные и качественные методы анализа, а также сопоставлением данных до и после педагогического воздействия. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности предложенной методики и её целесообразности внедрения в образовательный процесс инженерных направлений подготовки.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Полученные полученные данные позволяют интерпретировать о статистически значимом повышении уровня сформированности системного мышления у студентов после внедрения авторской методики. Данный факт позволяет утверждать, что поэтапный подход, основанный на интеграции анализа, декомпозиции и моделирования, является более эффективным по сравнению с традиционными методами обучения, ориентированными преимущественно на усвоение теоретических знаний.

Анализ полученных данных показывает, что ключевым фактором положительной динамики выступает системный характер предложенной методики. В отличие от существующих подходов, в которых акцент делается на отдельных аспектах (например, только на анализе или моделировании), разработанная методика обеспечивает целостное формирование компетенций за счёт последовательного прохождения всех этапов системного анализа. Это подтверждает целесообразность использования интегративного подхода в развитии инженерного мышления.

Вместе с тем в ходе исследования были выявлены определённые научно-методические ограничения. В частности, на начальном этапе студенты испытывали затруднения при выполнении иерархической декомпозиции и установлении связей между элементами системы, что указывает на недостаточный уровень сформированности базовых аналитических навыков. Кроме того, внедрение предложенной методики требует дополнительного времени в рамках учебного процесса, что может ограничивать её применение в условиях жёстко регламентированных образовательных программ.

Несмотря на указанные ограничения, полученные результаты характеризуются высокой степенью достоверности и практической значимости. Это подтверждается согласованностью количественных показателей с результатами наблюдения и экспертной оценки, а также

ISSN 3030-3907

выявленной положительной корреляцией с академической успеваемостью студентов.

Таким образом, проведённый анализ позволяет сделать вывод о том, что предложенная методика является эффективным инструментом формирования системного мышления и может рассматриваться как перспективное направление развития инженерного образования.

ВЫВОДЫ

Проведённое исследование позволило сформулировать следующие выводы:

1. Установлено, что уровень сформированности системного мышления у студентов инженерных направлений на начальном этапе является недостаточным, что проявляется в фрагментарном восприятии технических объектов и ограниченной способности к выявлению взаимосвязей между их элементами.

2. Доказано, что внедрение авторской семишаговой методики способствует статистически значимому повышению уровня системного мышления за счёт поэтапного формирования навыков анализа, иерархической декомпозиции, моделирования и оптимизации.

3. Выявлено, что наиболее существенные изменения наблюдаются в развитии способности студентов к построению комплексных моделей и установлению внутренних связей в системе, что подтверждает эффективность интегративного подхода.

4. Установлена положительная корреляционная связь между уровнем сформированности системного мышления и академической успеваемостью студентов, что свидетельствует о педагогической целесообразности внедрения предложенной методики.

5. Подтверждено, что разработанная критериальная система оценки (21-балльная шкала) обеспечивает объективную и надёжную диагностику уровня сформированности системного мышления и может эффективно применяться в образовательной практике.

На основании полученных результатов предлагаются следующие рекомендации:

– внедрять разработанную методику в образовательный процесс инженерных направлений подготовки;

– использовать поэтапный подход к формированию системного мышления в рамках дисциплин, связанных с анализом и моделированием технических систем;

ISSN 3030-3907

– применять разработанную систему оценки для объективного контроля уровня сформированности компетенций;
– адаптировать методику для использования в смежных областях, включая гуманитарные и экологические направления;
– продолжить исследования в направлении расширения методики, включая разработку рефлексивного этапа и цифровых инструментов поддержки обучения.

REFERENCES

1. Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M., & Knight, D. B. (2018). Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. *Thinking Skills and Creativity, 28, 110–130.* https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.003
2. Frank, M. (2012). Engineering Systems Thinking: Cognitive Competencies of Successful Systems Engineers. *Procedia Computer Science*, *8*, *273–278.* https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.01.057
3. Шейнбаум, В. С., & Пятибратов, П. В. (2021). Development of competencies of systems thinking and responsibility of students in the design of engineering activities. *Казанский Педагогический Журнал, (145(2)).* https://doi.org/10.51379/KPJ.2021.146.3.009
4. Cruz, M. L., Saunders-Smits, G. N., & Groen, P. (2020). Evaluation of competency methods in engineering education: A systematic review. European *Journal of Engineering Education, 45(5), 729–757.* https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1671810
5. Assaraf, O. B., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(5), 518–560. https://doi.org/10.1002/tea.20061
6. Vázquez-Parra, J. C., Cruz Sandoval, M., Suarez Brito, P., & Lopez Caudana, E. O. (2025). Systemic Thinking as Foundational Competence: Insights from Social Sciences and Humanities Students in Mexican Higher Education. *The International Journal of Humanities Education*, *24*(1), 1–26. https://doi.org/10.18848/2327-0063/CGP/v24i01/1-26
7. Yakubova, N., Jamolova, S., & Aloydinov, M. (2024). RESEARCH OF QUANTUM TECHNOLOGY AND QUANTUM DEVICES IN CRYPTOGRAPHY. *Universum:Technical Sciences, 120(3).* https://doi.org/10.32743/UniTech.2024.120.3.17067
8. Артиков А. Системное мышление в процессе создания и управления инженерными технологиями. учебное пособие / под ред. Ташкент-2023, 216–с.

ISSN 3030-3907

9. Артиков А. Modellashtirish va loyihalash tizimlari. Дарслик. – Тошкент: ТКТИ, 2024. – 223 б.
10. Lavi, R., Dori, Y. J., Wengrowicz, N., & Dori, D. (2020). Model-Based Systems Thinking: Assessing Engineering Student Teams. *IEEE Transactions on Education, 63(1), 39–47.* https://doi.org/10.1109/TE.2019.2948807
11. Lavi, R., & Dori, Y. J. (2019). Systems thinking of pre- and in-service science and engineering teachers. *International Journal of Science Education, 41(2), 248–279.* https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1548788
12. Kurent, B., & Avsec, S. (2023). Systems Thinking Skills and the ICT Self-Concept in Preschool Teachers for Sustainable Curriculum Transformation. *Sustainability, 15(20), 15131.* https://doi.org/10.3390/su152015131
13. Aguilar-Cisneros, J. R., Valerdi, R., & Sullivan, B. P. (2022). Students' Systems Thinking Competency Level Detection through Software Cost Estimation Concept Modeling. *Programming and Computer Software*, *48*(8), 499–512. https://doi.org/10.1134/S0361768822080060
14. Thomas, P. J., & Magana, A. J. (2025). Students' Application of Abstract and Systems Thinking Skills for Modeling Software Systems. *Computer Applications in Engineering Education, 33(6), e70086.* https://doi.org/10.1002/cae.70086

ISSN 3030-3907