

УДК 005.6:378+378.14+514.18+004.92
DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69

Е.В. Верхотурова

Канд. техн. наук, доцент,
Иркутский национальный исследовательский технический
университет (ИРНИТУ),
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Г.А. Иващенко

Д-р пед. наук, профессор,
Братский государственный университет» (БрГУ),
665709, Иркутская область, г. Братск, ул. Макаренко, 40,
e-mail: ivashenko.home@mail.ru

Причинно-следственный анализ проблем геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза

Аннотация. Модернизация системы образования, начавшаяся еще в конце прошлого века, привела к появлению множества проблем и противоречий, в том числе к снижению уровня подготовки обучающихся. Оценка и управление качеством подготовки обучающихся представляют собой важный инструмент, необходимый для планирования образовательного процесса и своевременного принятия управленческих решений. Поэтому систематизация причин и факторов, влияющих на качество освоения дисциплин, имеет первостепенное значение. В данной статье рассмотрены перспективы применения причинно-следственного анализа — диаграммы Исикавы для визуализации проблем геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза. Структура исследования с применением диаграммы включала выполнение ряда последовательных этапов. На первом этапе был составлен исчерпывающий перечень проблем, влияющих на уровень геометро-графической подготовки в вузе. На втором этапе причинно-следственного анализа проведена систематизация проблем (факторов) по смысловым разделам (логическим блокам): сотрудники и обучающийся (человек, человеческий фактор), материально-техническая база и образовательная среда (оборудование и иные средства для обеспечения образовательного процесса); образовательные технологии и организация учебного процесса, средства и технологии оценки результатов обучения. Следующий этап включал систематизацию и ранжирование проблем внутри логических разделов. Это позволило в простой и доступной форме выявить наиболее значимые факторы возникновения исследуемой проблемы на трех уровнях. Выполнение последних трех этапов позволило завершить исследование с получением итоговой структуры факторов проблемы низкого уровня геометро-графической подготовки обучающихся. Итогом исследования явилась графическая интерпретация результатов причинно-следственного анализа. Таким образом, показана возможность применения диаграммы для выявления наиболее значимых причин-факторов, влияющих на уровень освоения обучающимися дисциплин графического цикла, а также в качестве средства визуализации причинно-следственного анализа.

Ключевые слова: геометро-графическая подготовка, проблема, фактор, причина, следствие, причинно-следственная структура, диаграмма Исикавы, визуализация.

Е.В. Verkhoturova

Ph.D., Associate Professor,
Irkutsk National Research Technical University,
664074, Irkutsk, Lermontova st., 83

G.A. Ivashchenko

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Bratsk State University,
665709, Irkutsk region, Bratsk, Makarenko st., 40

Cause and Effect Diagram of the Problems of Geometric and Graphic Training of Students at a Technical University

Abstract. This article discusses the prospects for applying cause-and-effect analysis – the Ishikawa diagram for visualizing the problems of geometric-graphic training of students of a technical university. The structure of the study using the diagram included the implementation of successive stages. At the first stage, an exhaustive list of problems affecting the level of geometric and graphic training at the university was compiled. At the second stage of the cause-and-effect analysis, problems (factors) were systematized according to semantic sections (logical blocks): employees and the student (person, human factor), material and technical base and educational environment (equipment and other means to ensure the educational process); educational technologies and organization of the educational process, means and technologies for assessing learning outcomes. The next stage included systematization and ranking of problems within logical partitions. This made it possible to identify in a simple and accessible form the most significant factors in the emergence of the problem under study at three levels. The implementation of the last three stages made it possible to complete the study with obtaining the final structure of the factors of the problem of a low level of geometric and graphic training of students. The result of the study was a graphical interpretation of the results of the cause-and-effect analysis. Thus, the possibility of using the diagram to identify the most significant cause-factors that affect the level of mastering the disciplines of the graphic cycle by students, as well as a means of visualizing the cause-and-effect analysis, is shown.

Keywords: geometric and graphic preparation, problem, factor, cause, consequence, causal analysis, Fishbone technology, visualization.

Образовательная программа учебных заведений технического профиля направлена на освоение обучающимися необходимых компетенций, которые ориентированы на будущую успешную профессиональную инженерную деятельность. Геометро-графическая подготовка признана фундаментальной для всех технических специальностей и, как правило, преподается на первом году обучения. Модернизация системы образования, начавшаяся еще в конце прошлого века, привела к появлению множества проблем и противоречий, в том числе к снижению уровня геометро-графической подготовки обучающихся. Однако взаимосвязь между графической компетентностью и успешной профессиональной карье-

рой в инженерно-технологических отраслях очевидна [6; 33].

Существует множество публикаций, посвященных определению места и перспектив геометро-графических дисциплин в системе высшего технического образования, а также поиску путей решения тех или иных противоречий. Проблемы графического инженерного образования исследовали В.И. Вышнепольский [5; 6], К.А. Вольхин [4], В.Н. Гузенков [10], Н.В. Кайгородцева [12], В.О. Москаленко [16], П.А. Острожков [18], И.А. Ратовская [19], Н.А. Сальков [21–24], И.Д. Столбова [26], Д.Е. Тихонов-Бугров [28], Е.И. Шангина [30], В.И. Якунин [32], и многие, многие другие. О.Н. Шевченко подробно рассмотрела организационно-педагогические условия формирования геометро-графической культуры бакалавров технических направлений [31].

Педагогическая практика показывает, что компьютеризация образования также привносит свои коррективы и приводит к возникновению проблем компьютерного образования в инженерно-графических дисциплинах [2; 7; 15]. Имеющиеся научные исследования и публикации, связанные с анализом, поиском и (или) классификацией проблем геометро-графического образования, построены на классических методах научного познания и базируются на результатах педагогической практики.

Визуализация проблемы в виде графического изображения создаёт возможность выявления каких-либо новых фактов в рассматриваемом вопросе или новых взаимосвязей внутри проблемы. Тем более что визуальная, т.е. графическая информация имеет более высокую скорость восприятия человеком, чем текстовая, причем в несколько раз [11], поскольку она обладает компактностью, лаконизмом и конструктивным минимализмом.

В данном исследовании рассматриваются проблемы геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза с точки зрения управления качеством этой подготовки. Проводится сбор и анализ всех возможных причин возникновения исследуемой проблемы, ранжирование и визуализация полученной причинно-следственной структуры, т.е. представление связей несоответствия (исследуемой проблемы, вопроса) с причинами (следствием, факторами), влияющими на возникновение и (или) усугубление исследуемой проблемы и графическая визуализация причинно-следственной структуры.

В качестве инструмента исследования и средства визуализации причинно-следственного анализа проблем геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза была использована диаграмма профессора Токийского университета и крупнейшего специалиста по управлению качеством Каору

Исикавы. Данная диаграмма или метод является одним из семи инструментов управления качеством, используемых в мировой практике, и в научной литературе имеет различные наименования: «диаграмма анализа корневых причин», «диаграмма Исикавы», диаграмма «рыбьей кости» или «скелет рыбы» (*Fishbone Diagram*), причинно-следственная диаграмма (*Cause and Effect Diagram*), диаграмма (метод) «Фишбоун» [17], технология *Fishbone* [9], графический органайзер [29].

Диаграмма анализа корневых причин представляет собой графический способ отображения причин и следствий исследуемой проблемы, инструмент измерения, оценки, контроля и усовершенствования качества производственных процессов, а также для исследования и определения основных причинно-следственных связей различных факторов, последствий в изучаемом вопросе или ситуации. Визуально представляет собой скелет рыбы, в котором есть «голова», «хребет» и «кости». Объект анализа, представляющий собой исследуемую проблему, следствие, результат, показатель качества, фактор или вообще любой вопрос от бытового до производственного, который прямо или косвенно влияет и (или) создаёт условия возникновения (существования) исследуемого объекта и требует выявления причин возникновения, способов его решения (устранения, предотвращения) — это «голова» рыбы. К «голове» примыкает «скелет» рыбы, состоящий из основы — «хребта», который служит основой для больших, средних и малых «костей». «Кости» — причины возникновения объекта анализа. «Хребет» изображается в виде прямой горизонтальной линии или стрелки, которая упирается в «голову». Большие «кости» или причины первого уровня изображаются наклонными линиями или стрелками по направлению к «голове» и составляют основу для средних (причины или факторы второго уровня) и малых «костей» (причины или факторы третьего уровня).

Применение данного метода при анализе проблем получения качественного высшего образования в Казахстане было продемонстрировано М.И. Касеиновой [13].

Структура исследования с применением диаграммы обычно включает ряд последовательных этапов, представленных на рис. 1. Они могут быть объединены или, наоборот, конкретизированы, т.е. выделены и сформулированы новые отдельные этапы, — все зависит от объекта исследования или типа проблемы.

На первом этапе был определен исчерпывающий перечень возможных причин и факторов, оказывающих влияние на возникновение или усугубление исследуемой проблемы — уровень геометро-графи-

ческой подготовки обучающихся. Для этого были задействованы эксперты и команды, использовался один из методов генерирования идей — «мозговой штурм».



Рис. 1. Перечень этапов причинно-следственного анализа

Затем эти факторы, ориентируясь на пять классических системных причинных фактора (рис. 2), были систематизированы и структурированы с учетом специфики исследуемого объекта в четыре основные категории (разделы, причины, функциональные группы), которые являются факторами первого порядка (крупными «костями») или системными причинными факторами. Факторы «машины, оборудование» и «материалы» были объединены в один, поскольку материально-техническая база и образовательная среда в условиях исследуемого объекта взаимосвязаны. Таким образом, были получены следующие категории.

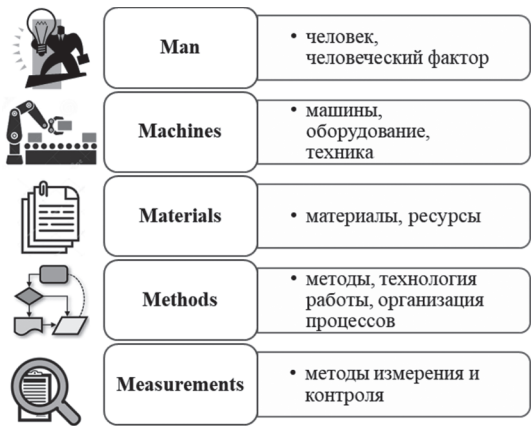


Рис. 2. Основные (классические) категории причин диаграммы Исикавы

1. **Человек** — обучающиеся, профессорско-преподавательский состав, учебно-вспомогательный

- персонал, и другие сотрудники образовательного учреждения, т.е. обучающиеся и сотрудники.
2. **Машины, оборудование и материалы** — материально-техническая база и образовательная среда.
3. **Методы и технология** — образовательные технологии (способы реализации содержания обучения), система форм, методов и средств обучения, т.е. образовательные технологии и организация учебного процесса.
4. **Измерение и контроль** — средства и технологии оценки результатов обучения.

Поскольку диаграмма Исикавы может быть адаптирована для поиска причин в различных областях человеческой деятельности в дополнение к пяти классическим системным причинным факторам (см. рис. 2), могут быть выделены дополнительные, если они также имеют значительное влияние на исследуемый показатель (фактор или проблему).

Далее в каждой из четырех категорий был проведен анализ и ранжирование всех факторов, составляющих причины второго и третьего уровня, т.е. средние и мелкие «кости» рыбы. В итоге было получено 15 факторов второго уровня и 86 факторов третьего уровня (табл. 1).

Таблица 1

Перечень причин (факторов), влияющих на уровень геометро-графической подготовки в вузе

СПФ*	Перечень причин (факторов) второго и третьего уровней
1. Обучающиеся и сотрудники	Уровень довузовской подготовки абитуриентов: • уровень квалификации преподавательского состава в учреждениях предыдущего образования; • недостаточное внимание к школьным предметам «Черчение» и «Геометрия» как со стороны учителей, так и со стороны школьников; • отсутствие предмета «Черчение» в программе обучения учреждения предыдущего образования; • наличие (отсутствие) навыка работы на компьютере. Психолого-педагогические особенности обучающихся: • адаптация к вузовской системе; • мотивация к обучению; • уровень развития пространственного мышления абитуриентов; • индивидуальные особенности восприятия учебной информации; • обучаемость; • эмоциональный фон и функциональное состояние обучающегося; • уровень благосостояния семьи обучающегося; • уровень концентрации внимания. Уровень квалификации профессорско-преподавательского состава: • соответствие профилю образования; • педагогический опыт и мастерство; • квалификация, степень, звание; • опыт (стаж) работы; • максимально высокий уровень коммуникативности, личных и профессиональных качеств; • стажировки, повышение квалификации; • мотивация;

Продолжение табл. 1

Окончание табл. 1

СПФ*	Перечень причин (факторов) второго и третьего уровней
	- готовность преподавателя к модернизации образовательного процесса; - уровень заработной платы профессорско-преподавательского состава
2. Материально-техническая база и образовательная среда	<i>Учебно-методические условия:</i> - учебно-методическое обеспечение содержания образования; - электронные учебники; - наглядные пособия; - учебные, научные, аудиторные, спортивные и административные здания и корпуса, общежития. <i>Программно-аппаратные комплексы образования:</i> - функциональная подсистема; - обеспечивающие подсистемы; - научно-техническая информационная поддержка; - техническое обеспечение; - программное обеспечение; - наличие аппаратного и лицензионного современного программного обеспечения; - вспомогательные образовательные ресурсы; - высокая вариативность программных средств; - интернет-поддержка образовательного процесса; - эффективность использования учебного оборудования; - источники финансирования по совершенствованию материально-технической базы
3. Образовательные технологии и организация учебного процесса	<i>Современные средства обучения; учебный план, ООП, РПД, УМК:</i> - сокращение количества аудиторных часов; - насыщенность учебного плана; - временной разрыв между теорией геометро-графических дисциплин и практикой применения знаний — последовательность дисциплин в учебном плане; - несбалансированность содержания курса; - компьютеризация процесса обучения. <i>Особенности учебной дисциплины:</i> - новая дисциплина для обучающегося по содержанию и методам; - высокая абстрактность основных положений дисциплины; - специфический геометро-графический тезаурус; - совмещение черчения «вручную» с компьютерной графикой. <i>Модернизация высшего образования:</i> - сокращение количества учебных часов в целом; - увеличение количества часов на самостоятельную работу обучающихся; - проблема свободы самостоятельного формирования индивидуальных учебных планов обучающихся; - НИРС, в том числе интерактивные. <i>Современные методы обучения:</i> - адаптация общепедагогических средств, способов, методов и приемов к учебно-научной информации инженерно-графических дисциплин; - разработка инновационных методов обучения для развития пространственного мышления в современных условиях «клипового» мышления обучающихся; - формирование способов и приёмов развития инженерно-конструкторского мышления в условиях цифровизации инженерно-графических дисциплин; - индивидуализация и дифференциация обучения
	<i>Оценка успеваемости и качества знаний:</i> - критерии оценивания учебной деятельности; - текущая аттестация; - промежуточная аттестация;

СПФ*	Перечень причин (факторов) второго и третьего уровней
4. Средства и технологии оценки результатов обучения	- итоговая аттестация; - фонд оценочных средств. <i>Повышение внимания к победителям конкурсов, олимпиад, конференций и т.п.:</i> - выявление талантливой, одарённой молодёжи; - формирование банка творческих заданий профессиональной направленности; - разработка заданий исследовательского характера; - подготовка научных докладов успешных обучающихся к выступлению на конференциях. <i>Получение документа об образовании:</i> - банк практико-ориентированных заданий для итоговой аттестации; - преддипломная практика в условиях профессиональной деятельности; - предварительная защита итоговой аттестационной работы; - государственные экзаменационные комиссии; - служба подготовки документации. <i>Независимая оценка при аккредитации:</i> - подготовка аккредитационной документации; - соответствие содержания и качества подготовки обучающихся в организации, осуществляющей образовательную деятельность; - готовность документации образовательного цикла; - географическое расположение вуза; - уровень депрессивности региона; - отток молодёжи. <i>Внутренний анализ качества (самообследование):</i> - оценка образовательной деятельности; - оценка системы управления организации; - оценка содержания и качества подготовки обучающихся; - оценка организации учебного процесса; - оценка востребованности выпускников; - оценка качества кадрового обеспечения; - оценка качества учебно-методического и библиотечно-информационного обеспечения; - оценка качества материально-технической базы; - функционирование внутренней системы оценки качества образования. <i>Оценка потенциальных работодателей:</i> - рефлексия специалистов к постоянному обновлению знаний; - формирование личности, способной к коммуникабельным отношениям в профессии; - образовательные цели, направленные на духовное и ценностно-смысловое развитие обучающихся; - формирование кадрового резерва из состава обучающихся

* Системный причинный фактор, причина первого уровня, крупная «кость».

Следующий этап — визуально-смысловой анализ полученной причинно-следственной структуры. Он демонстрирует, что формирование геометро-графической компетентности (грамотности) представляет собой сложную систему взаимосвязанных и взаимодействующих факторов и их довольно большое количество. Недостаток одного или нескольких составляющих этой системы (причины) приводит к возникновению проблемы (следствию) — низкому уровню графической компетентности. Однако в этой

совокупности причин-факторов присутствуют наиболее весомые, с меньшим влиянием, малозначимые, такие, на которые повлиять невозможно, а также дублирующие. Поэтому из полученной причинно-следственной структуры необходимо исключить: факторы и (или) причины, на которые повлиять невозможно, малозначимые и дублирующие.

В структуре системного причинного фактора «Обучающиеся и сотрудники» были исключены факторы:

- уровень довузовской подготовки абитуриентов;
- уровень развития пространственного мышления абитуриентов;
- обучаемость;
- эмоциональный фон и функциональное состояние обучающегося;
- уровень благосостояния семьи обучающегося;
- индивидуальные особенности восприятия учебной информации.

Уровень довузовской подготовки обучающихся может корректироваться в случае проведения профориентационной работы образовательного учреждения с абитуриентами, курсов подготовки, проведения олимпиад, организации совместных проектных работ и других видов педагогической деятельности. Однако в этом случае охват аудитории незначителен, поэтому большого эффекта по повышению уровня довузовской подготовки обучающихся средствами вуза достичь невозможно. Таким образом, этот фактор и входящие в него подфакторы являются малозначительными.

Фактор «обучаемость» относится к физиологическим способностям обучающегося, его изменить невозможно.

Уровень благосостояния семьи обучающегося также относится к факторам, повлиять на которые невозможно.

В современной структуре основной образовательной программы время на аудиторную нагрузку и консультации сокращено, с одновременным увеличением времени на самостоятельное обучение, поэтому статус «студент» заменен на статус «обучающийся». Лекции по дисциплинам геометро-графического цикла проводятся в большом потоке нескольких групп, практические занятия — в виде групповых занятий, а деятельность педагога ограничена временными рамками, предусмотренными как учебной нагрузкой, так и образовательной программой. Поэтому в связи с вышесказанным индивидуальные особенности восприятия учебной информации учесть невозможно.

Эмоциональный фон и функциональное состояние обучающегося связаны с возрастными особенностями и могут быть скорректированы в процессе

оказания психологической и (или) медицинской помощи, осуществляемые отдельными специалистами. Это выходит за рамки учебного предмета и деятельности педагога, поэтому этот фактор можно считать причиной, на которую повлиять невозможно или малозначимым фактором.

Таким образом, в структуре системного причинного фактора «Обучающиеся и сотрудники» был выделен фактор второго уровня «Обучающиеся», включающий факторы третьего уровня, имеющие существенное влияние на исследуемую проблему: психолого-педагогические особенности (адаптация к вузовской системе, мотивация к обучению, уровень концентрации внимания).

Еще один фактор второго уровня — «Сотрудники университета (профессорско-преподавательский состав)», включающий психолого-педагогические особенности, личностно-этические качества (коммуникативность, стрессоустойчивость, эмпатия и др.), квалификацию (соответствие профилю образования, степень, звание), опыт (стаж) работы (повышение квалификации, стажировки, педагогический опыт и мастерство), мотивацию (уровень заработной платы, профессиональное признание: грамоты, премии, награды и т.д.).

Анализ структуры системного причинного фактора «Материально-техническая база и образовательная среда» показал необходимость классификации факторов следующим образом: материально-техническое обеспечение (техническое обеспечение, средства обучения, учебные, научные, аудиторные, спортивные и административные здания и корпуса, общежития) и учебно-методическое обеспечение, образовательная среда, включающие:

- учебно-методический комплекс;
- лицензированное программное обеспечение и информационное сопровождение;
- электронно-библиотечная система;
- электронная информационно-образовательная среда;
- электронно-образовательные ресурсы.

В структуре системного причинного фактора «Образовательные технологии и организация учебного процесса» все факторы третьего порядка были распределены по трем факторам второго порядка в соответствии с уровнем педагогических технологий: общепедагогическая технология, частнопредметная педагогическая технология, локальная педагогическая технология.

В структуре системного причинного фактора «Средства и технологии оценки результатов обучения» были исключены факторы, на которые повлиять невозможно: независимая оценка при аккредитации, оценка потенциальных работодателей, поскольку

они выходят за рамки деятельности высшего учебного заведения. Все остальные факторы и подфакторы были сгруппированы в два фактора второго уровня: технологии контроля (средства, методы и формы) и периодичность контроля.

Полученную причинно-следственную структуру представили в графическом виде (рис. 3). Для этого системные причинные категории по направлению справа налево наносили на диаграмму в соответствии с проведенным ранжированием, т.е. наиболее весомые факторы или причины располагаются ближе к «голове» (объекту анализа), за ними следуют в иерархической последовательности факторы или причины с меньшим влиянием.

Таким образом, полученная структура причинно-следственной диаграммы позволяет сделать вывод, что проблема низкого уровня графической компетентности обучающихся, наблюдаемая в последние десятилетия, — это системная проблема. Это означает, что она не может быть решена путем исключения или решения какой-либо одной или нескольких причин (проблем). В преодолении проблем образовательного процесса необходима системная работа всех структурных подразделений высшего учебного заведения. Однако первостепенным фактором является человек. Если нет субъектов образовательной деятельности, невозможно вообще говорить о системе образования, т.е. субъект является первичным и

исходным. Вторичными являются материально-техническая база и качественная образовательная среда, поскольку процесс образования может осуществляться только в определенных, специально созданных для этого условиях, в равной мере обеспечивающих возможности для всех субъектов образовательного процесса. Необходимыми факторами также являются применение современных образовательных технологий и правильная организация учебного процесса. По нашему мнению, для повышения уровня геометро-графической грамотности в большей степени важно учитывать частнопредметные педагогические технологии и локальные педагогические технологии. Еще одним необходимым системным фактором исследуемой проблемы является контроль, включающий средства и технологии оценки результатов обучения. Для оценки результатов обучения и качества знаний по дисциплине геометро-графического цикла, корректировки педагогических технологий необходимы современные и эффективные методы и технологии контроля, в том числе с применением электронно-цифровых средств.

Рассмотренный метод исследования и отображения причинно-следственных связей позволяет выявить причину низкого уровня геометро-графической грамотности обучающихся, которая заключается в большей степени в человеческом факторе (преподаватели и обучающиеся), в несовершенстве матери-



Рис. 4. Причинно-следственная структура проблем геометро-графической компетентности

ально-технического и учебно-методического обеспечения, образовательных технологий и организации учебного процесса, а также методов и технологий контроля. Поэтому большинство отечественных исследователей находит решение проблемы низкой геометро-графической грамотности обучающихся в совершенствовании технологий и методов обучения [8; 27], применении информационно-коммуникационных средств в процессе обучения [3; 14; 25], а также в разработке различных современных дидактических и учебно-методических материалов [1; 20].

Таким образом, внедрение инноваций как в теорию инженерно-графических дисциплин, так и в методику их преподавания не утратило своей актуальности.

Заключение

Показана возможность применения диаграммы Исикавы для изучения проблемы качества геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза. Графический анализ причинно-следственных связей позволил глубоко изучить исследуемую проблему (следствие), выделить все возможные фак-

торы (причины), систематизировать их в три уровня, выявить те, которые имеют наибольшее влияние и могут быть изменены в процессе модернизации образовательного процесса.

Данный метод, являясь графическим организмом, облегчает процесс исследования проблемы, увеличивает эффективность поиска решений, поскольку позволяет всесторонне изучить причинно-следственные связи, отобразить (визуализировать) их, а также обеспечить технологию поиска истинных, корневых причин, влияющих на следствие или способствующие его возникновению.

Технология «фишбоун» является универсальным инструментом исследования, поэтому применима для анализа и оценки причинно-следственной структуры проблем любой дисциплины, которые связаны в большей степени именно с уровнем знаний обучающихся. Результаты причинно-следственного анализа позволяют при конструктивном принятии решений регулировать уровень знаний и впоследствии уровень компетентности выпускника университета в соответствии с современными требованиями образовательного стандарта.

Литература

1. Анамова Р.Р. Инновации в методике обучения инженерной графике [Текст] / Р.Р. Анамова, С.А. Леонова, Т.И. Миролубова, А.В. Рипецкий, Т.М. Хвесюк // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2016. — Т. 51. — № 3. — С. 1–9.
2. Асташов А.М. К вопросу об актуальных проблемах графического компьютерного образования [Текст] / А.М. Асташов, Л.М. Ошкина, Г.М. Шипова, М.Н. Ветчинников // Вестник МГУ. — 2008. — № 4. — С. 199–207.
3. Бобоева Ш.Х. Эффективность использования компьютерных технологий при обучении графическим дисциплинам [Текст] / Ш.Х. Бобоева // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Гуманитарные науки. — 2018. — Т. 57. — № 4. — С. 207–211.
4. Вольхин К.А. Проблемы графической подготовки студентов технического университета [Текст] / К.А. Вольхин, Т.А. Астахова // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 3. — С. 25–30. — DOI: 10.12737/6522.
5. Вышнепольский В.И. Положение дел в геометрии на современном этапе [Текст] / В.И. Вышнепольский, Н.А. Сальков // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. — 2019. — Т. 1. — С. 39–43.
6. Вышнепольский В.И. Цели и методы обучения графическим дисциплинам [Текст] / В.И. Вышнепольский, Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 2. — С. 8–9.
7. Гаирбекова П.И. Актуальные проблемы цифровизации образования в России / П.И. Гаирбекова // Современные проблемы науки и образования. — 2021. — № 2. — С. 65. — DOI 10.17513/spno.30673.
8. Гилязова С.Р. Интегративный подход в преподавании графических дисциплин [Текст] / С.Р. Гилязова, Т.А. Старшинова // Высшее образование в России. — 2013. — № 1. — С. 99–104.
9. Глушкова В.А. Применение технологии «Fishbone» в обучении химии [Текст] / В.А. Глушкова // Вестник современных исследований. — 2019. — № 1.6. — С. 55–57.
10. Гузнецков В.Н. Геометро-графическое образование в техническом университете [Текст] / В.Н. Гузнецков // Alma mater (Вестник высшей школы). — 2014. — № 10. — С. 71–75.
11. Душков Б.А. Основы инженерной психологии [Текст]: учебник для вузов / Б.А. Душков, А.В. Королев, Б.А. Смирнов. — М.: Акад. проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. — 573 с.
12. Кайгородцева Н.В. История и современное состояние геометро-графического образования [Текст] / Н.В. Кайгородцева // Высшее образование в России. — 2013. — № 4. — С. 112–117.
13. Касеинова М.И. Применение статистического метода в исследовании проблемы получения качественного высшего образования [Текст] / М.И. Касеинова // Об-

- учение и воспитание: методики и практика. — 2013. — № 4. — С. 1–5.
14. Касперов Г.И. Информационно-коммуникативные образовательные технологии в графической подготовке обучающихся [Текст] / Г.И. Касперов, А.Л. Калтыгин, С.В. Ращупкин // Высшее техническое образование. — 2017. — Т. 1. — № 1. — С. 59–63.
 15. Кирвель Ч.С. Компьютеризация образования: проблемы и противоречия [Текст] / Ч.С. Кирвель, В.И. Стрельченко, Ю.В. Балахонская // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. — 2015. — № 3. — С. 197–203.
 16. Москаленко В.О. Как обеспечить общегеометрическую подготовку обучающихся технических университетов [Текст] / В.О. Москаленко, Г.С. Иванов, К.А. Муравьев // Наука и образование. — 2012. — № 08. — С. 1–7.
 17. Новоселова Д.В. Применение метода «фишбоун» в обучении информационных технологий [Текст] / Д.В. Новоселова // Теория и практика социогуманитарных наук. — 2020. — № 4. — С. 68–72.
 18. Острожков П.А. Анализ опыта обучения геометро-графическим дисциплинам в техническом вузе (выявление причин проблем и поиск противоречий) [Текст] / П.А. Острожков, М.А. Кузнецов, С.И. Лазарев // Вестник ТГУ. — 2008. — Т. 13. — № 5. — С. 416–423.
 19. Ратовская И.А. Некоторые проблемы графического образования в вузах в период реформирования российского образования [Текст] / И.А. Ратовская // Современное педагогическое образование. — 2019. — № 11. — С. 32–37.
 20. Сальков Н.А. Качество геометрического образования при различных подходах к методике обучения / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 4. — С. 47–60. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-47-60.
 21. Сальков Н.А. Основные причины плохого усвоения начертательной геометрии [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 2. — С. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.12737/2308-4898-2021-9-2-3-11>
 22. Сальков Н.А. Отображение проблем геометрического образования в журнале «Геометрия и графика» [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 3. — С. 87–119. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-87-119.
 23. Сальков Н.А. Системный подход к изучению начертательной геометрии [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 14–23. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-14-23.
 24. Сальков Н.А. Феномен присутствия начертательной геометрии в других учебных дисциплинах [Текст] / Н.А. Сальков, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 4. — С. 61–73. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-61-73.
 25. Столбова И.Д. К вопросу о готовности преподавательских кадров к цифровому обучению [Текст] / И.Д. Столбова, К.Г. Носов, Л.С. Тарасова // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 24–35. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-24-35.
 26. Столбова И.Д. Функционал информационных технологий в геометро-графической подготовке инженера [Текст] / И.Д. Столбова, Е.П. Александрова, К.Г. Носов // Открытое образование. — 2017. — № 1. — С. 59–67.
 27. Тельной В.И. Формирование пространственных представлений, обучающихся на занятиях по графическим дисциплинам [Текст] / В.И. Тельной // Вестник МГСУ. — 2016. — № 8. — С. 143–151.
 28. Тихонов-Бугров Д.Е. О некоторых проблемах графической подготовки в технических вузах (взгляд из Санкт-Петербурга) [Текст] / Д.Е. Тихонов-Бугров // Проблемы качества графической подготовки обучающихся в техническом вузе: традиции и инновации. — 2014. — Т. 1. — С. 24–37.
 29. Фариди Х.А. Метод графического органайзера в высшей математике [Текст] / Х.А. Фариди // Academic research in educational sciences. — 2022. — № 4. — С. 107–111.
 30. Шангина Е.И. Современное состояние геометро-графической подготовки обучающихся технических университетов [Текст] / Е.И. Шангина // КПЖ. — 2009. — № 7–8. — С. 5–11.
 31. Шевченко О.Н. Организационно-педагогические условия формирования геометро-графической культуры бакалавров технических направлений [Текст] / О.Н. Шевченко, Е.А. Ваншина // Концепт. — 2018. — № 6. — С. 358–368.
 32. Якунин В.И. Геометро-графические дисциплины в техническом университете [Текст] / В.И. Якунин, В.Н. Гузнецов // Теория и практика общественного развития. — 2014. — № 17. — С. 1–5.
 33. Hernández-Pérez M.D., Álvarez-Hornos J., Badía J.D., Giménez J.B., Robles A., Ruano V., San-Valero P. Contextualized project-based learning for training chemical engineers in graphic expression. Education for Chemical Engineers. 2021, V. 34, pp. 57–67.

References

1. Anamova R.R., Leonova S.A., Mirolubov T.I., Ripetsky A.V., Khvesyuk T.M. Innovatsii v metodike obucheniya inzhenernoy grafike [Innovations in procedure of training on engineering graphics]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Bryansk State Technical University]. 2016, V. 51, I. 3, pp. 1–9. (in Russian)
2. Astashov A.M., Oshkin L.M., Shipova G.M., Vetchinnikov M.N. K voprosu ob aktual'nykh problemakh graficheskogo komp'yuternogo obrazovaniya [To the question of actual problems of graphic computer education]. *Vestnik MGU* [Bulletin of Moscow State University]. 2008, I. 4, pp. 199–207. (in Russian)
3. Boboeva Sh.Kh. Effektivnost' ispol'zovaniya komp'yuternykh tekhnologiy pri obuchenii graficheskimi disciplinami [The effectiveness of the usage of computer tech-

- nology in graphic disciplines tuition]. *Uchenyye zapiski Khudzhandskogo gosudarstvennogo universiteta im. akademika B. Gafurova. Gumanitarnyye nauki* [Scientific notes of the Khujand State University named after. Academician B. Gafurov. Humanitarian sciences]. 2018, V. 57, I. 4, pp. 207–211. (in Russian)
4. Volkhin K.A., Astakhova T.A. Problemy graficheskoy podgotovki studentov tekhnicheskogo universiteta [Problems of graphic training of students of the technical university]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2014, V. 2, I. 3, pp. 25–30. DOI: 10.12737/6522. (in Russian)
 5. Vyshnepolsky V.I., Salkov N.A. Polozhenie del v geometrii na sovremennom etape [State of affairs in geometry at the present stage]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuz: traditsii i innovatsii* [Problems of the quality of graphic training of students in a technical university: traditions and innovations]. 2019, V. 1, pp. 39–43. (in Russian)
 6. Vyshnepolsky V.I., Salkov N.A. Tseli i metody obucheniya graficheskimi distsiplinami [The aims and methods of teaching drawing]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2013, V. 1, I. 2, pp. 8–9. (in Russian)
 7. Gairbekova P.I. Aktual'nye problemy tsifrovizatsii obrazovaniya v Rossii [Current problems of digitalization of education in Russia]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2021, I. 2, p. 65. DOI: 10.17513/spno.30673. (in Russian)
 8. Gilyazova S.R., Starshinova T.A. Integrativnyy podkhod v prepodavanii graficheskikh distsiplin [Integrative approach to graphic subjects teaching as a basis for forming design and technological competence]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* [Higher education in Russia]. 2013, I. 1, pp. 99–104. (in Russian)
 9. Glushkova V.A. Primenenie tekhnologii "Fishbone" v obuchenii khimii [Application of "Fishbone" technology in teaching chemistry]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy* [Bulletin of Modern Studies]. 2019, I. 1.6, pp. 55–57. (in Russian)
 10. Guzenkov V.N. Geometro-graficheskoye obrazovaniye v tekhnicheskoy universitete [Geometric-graphic education at the technical university]. *Alma mater (Vestnik vysshey shkoly)* [Alma mater (Bulletin of higher education)]. 2014, I. 10, pp. 71–75. (in Russian)
 11. Dushkov B.A., Korolev A.V., Smirnov B.A. *Osnovy inzhenernoy psikhologii* [Fundamentals of engineering psychology]. Moscow, Akademicheskii Proekt Publ.; Ekaterinburg, Delovaya kniga Publ., 2002. 573 p. (in Russian)
 12. Kaygorodtseva N.V. Istoriya i sovremennoe sostoyaniye geometro-graficheskogo obrazovaniya [The emergence, development and current state «Graphics and Geometry» education]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* [Higher education in Russia]. 2013, I. 4, pp. 112–117. (in Russian)
 13. Kaseinova M.I. Primeneniye statisticheskogo metoda v issledovanii problemy polucheniya kachestvennogo vysshego obrazovaniya [Application of the statistical method in the study of the problem of obtaining high-quality higher education]. *Obucheniye i vospitaniye: metodiki i praktika* [Training and education: methods and practice]. 2013, I. 4, pp. 1–5. (in Russian)
 14. Kasperov G.I., Kaltygin A.L., Rashchupkin S.V. Informatisionno-kommunikativnye obrazovatel'nye tekhnologii v graficheskoy podgotovke obuchayushchikhsya [Information and communication educational technologies in the graphic training of students]. *Vyssheye tekhnicheskoye obrazovaniye* [Higher technical education]. 2017, V. 1, I. 1, pp. 59–63. (in Russian)
 15. Kirvel Ch.S., Strelchenko V.I., Balakhonskaya J.V. Komp'yuterizatsiya obrazovaniya: problemy i protivorechiya [The computerization of the education: the problems and the contradictions]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii* [Bulletin of St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. 2015, I. 3, pp. 197–203. (in Russian)
 16. Moskalenko V.O., Ivanov G.S., Muravyov K.A. Kak obespechit' obshchegeometricheskuyu podgotovku studentov tekhnicheskikh universitetov [How to provide general geometric training for students of technical universities]. *Nauchnoye izdaniye MGTU im. N.E. Baumana «Nauka i obrazovaniye»* [Scientific edition of MSTU im. N.E. Bauman «Science and education»]. 2012, I. 08, pp. 1–7. (in Russian)
 17. Novoselova D.V. Primeneniye metoda «fishbone» v obuchenii informatsionnykh tekhnologii [Application of the «fishbone» method in teaching information technology]. *Teoriya i praktika sotsiogumanitarnykh nauk* [Theory and practice of social and humanitarian sciences]. 2020, I. 4, pp. 68–72. (in Russian)
 18. Ostrozhkov P.A., Kuznetsov, M.A., Lazarev S.I. Analiz opyta obucheniya geometro-graficheskimi distsiplinami v tekhnicheskoy vuz (vyavlenie prichin problem i poisk protivorechiy) [The analysis of experience of teaching geometric-graphic disciplines at a technical university (revealing of the reasons of problems and search of contradictions)]. *Vestnik tambovskogo universiteta. Seriya: yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki* [Bulletin of Tambov University. Series: natural and technical sciences]. 2008, V. 13, I. 5, pp. 416–423. (in Russian)
 19. Ratovskaya I.A. Nekotorye problemy graficheskogo obrazovaniya v vuzakh v period reformirovaniya rossiyskogo obrazovaniya [Some problems of graphic education in the universities in the period of reforming russian education]. *Sovremennoye pedagogicheskoye obrazovaniye* [Modern pedagogical education]. 2019, I. 11, pp. 32–37. (in Russian)
 20. Sal'kov N.A. Kachestvo geometricheskogo obrazovaniya pri razlichnykh podkhodakh k metodike obucheniya [Quality of geometric education in various approaches to teaching methods]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 4, pp. 47–60. DOI 10.12737/2308-4898-2021-8-4-47-60. (in Russian)
 21. Sal'kov N.A. Osnovnye prichiny plokhnogo usvoeniya nachertatel'noy geometrii [The main reasons for poor assimilation of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geo-

- metry and Graphics]. 2021, V. 9, I. 2, pp. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.12737/2308-4898-2021-9-2-3-11>. (in Russian)
22. Sal'kov N.A. Otobrazhenie problem geometricheskogo obrazovaniya v zhurnale "geometriya i grafika" [Geometric education's problems displaying in the "geometry and graphics" journal]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 3, pp. 87–119. DOI 10.12737/2308-4898-2020-87-119. (in Russian)
 23. Sal'kov N.A. Sistemnyy podkhod k izucheniyu nachertatel'noy geometrii [A systematic approach to the study of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 1, pp. 14–23. DOI 10.12737/2308-4898-2022-10-1-14-23. (in Russian)
 24. Sal'kov N.A., Kadykova N.S. Fenomen prisutstviya nachertatel'noy geometrii v drugih uchebnykh distsiplinakh [The phenomenon of descriptive geometry existence in other student courses]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 4, pp. 61–73. DOI 10.12737/2308-4898-2021-8-4-61-73. (in Russian)
 25. Stolbova I.D., Nosov K.G., Tarasova L.S. K voprosu o gotovnosti prepodavatel'skikh kadrov k tsifrovomu obucheniyu [To the question of teaching staff readiness to digital training]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 1, pp. 24–35. DOI 10.12737/2308-4898-2022-10-1-24-35. (in Russian)
 26. Stolbova I.D., Alexandrova E.P., Nosov K.G. Funktsional informatsionnykh tekhnologiy v geometro-graficheskoy podgotovke inzhenera [Functional information technology in geometry-graphic training of engineers]. *Otkrytoye obrazovaniye* [Open Education]. 2017, I. 1, pp. 59–67. (in Russian)
 27. Tel'noy V.I. Formirovanie prostranstvennykh predstavleniy studentov na zanyatiyakh po graficheskim distsiplinam [Formation of Spatial Representation of Students in the Lessons of Graphical Disciplines]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, I. 8, pp. 143–151. (in Russian)
 28. Tikhonov-Bugrov D.E. O nekotorykh problemakh graficheskoy podgotovki v tekhnicheskikh vuzakh (vzglyad iz Sankt-Peterburga) [On some problems of graphic preparation in technical institutions of higher learning (view from St. Petersburg)]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuz: traditsii i innovatsii* [Quality problems of graphic training of students in a technical university: traditions and innovations]. 2014, V. 1, pp. 24–37. (in Russian)
 29. Farida H.A. Metod graficheskogo organayzera v vyshey matematike [Graphic Organizer Method in Higher Mathematics]. *Akademicheskiye issledovaniya v oblasti pedagogicheskikh nauk* [Academic research in educational sciences]. 2022, V. 3, I. 4, pp. 107–111. DOI: 10.24412/2181-1385-2022-4-107-111. (in Russian)
 30. Shangina E.I. Sovremennoe sostoyanie geometro-graficheskoy podgotovki obuchayushchikhsya tekhnicheskikh universitetov [The current state of geometric-graphic training of students of technical universities]. *Kazanskiy pedagogicheskii zhurnal* [Kazan Pedagogical Journal]. 2009, I. 7–8, pp. 5–11. (in Russian)
 31. Shevchenko O.N., Vanshina E.A. Organizatsionno-pedagogicheskie usloviya formirovaniya geometro-graficheskoy kul'tury bakalavrov tekhnicheskikh napravleniy [Organizational and pedagogical conditions for the formation of geometric and graphic culture of bachelors in technical universities]. *Kontsept* [Concept]. 2018, I. 6, pp. 358–368. (in Russian)
 32. Yakunin V.I., Guzenkov V.N. Geometro-graficheskiye distsipliny v tekhnicheskoy universitete [Geometric and graphic disciplines at the technical university]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and practice of social development]. 2014, I. 17, pp. 1–5. (in Russian)
 33. Hernáiz-Pérez M.D., Álvarez-Hornos J., Badia J.D., Giménez J.B., Robles A., Ruano V., San-Valero P. Contextualized project-based learning for training chemical engineers in graphic expression. *Education for Chemical Engineers*. 2021, V. 34, pp. 57–67.