Оригинальная статья / Original article
УДК 378.1

Развитие аналитических способностей студентов технических специальностей в олимпиадном движении по теоретической механике

© А.И. Попов
Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

Аннотация: Проанализированы проблемные моменты в организации подготовки инженерных кадров в современных социально-экономических условиях. Показана необходимость формирования у студентов технических специальностей аналитических способностей и профессионально направленной креативности, готовности всесторонне анализировать технические системы и определять направления их совершенствования. Исследована роль олимпиадного движения по теоретической механике в развитии инновационной готовности будущего инженера, обоснована необходимость его развития и выхода на новый уровень в контексте совершенствования творческих качеств и аналитических способностей студентов. Основными методологическими подходами их развития в олимпиадном движении являются: аксиологический, компетентностный, контекстный и деятельностный. На основе комплексного анализа разработана модель конкурентоспособного инженера, готового к активному включению в инновационную деятельность. Основными его качествами являются способность анализировать информацию, умение определять необходимость в использовании нового физического принципа действия, психологическая готовность к осуществлению творческого процесса по совершенствованию технических систем в условиях стресса. Определены психолого-педагогические условия организации образовательного процесса на основе реализации принципов импульсной педагогики и использования потенциала цифровизации. Основными педагогическими средствами являются творческие задачи. Рассмотрены принципы разработки и показано их применение на примере конструирования задач по теоретической механике. Теоретические основы развития аналитических способностей положены в основу методики организации олимпиадного движения в современных условиях. Оно включает этапы инициации творческого мышления, развития, рефлексии и релаксации, творческого вхождения в профессию. Реализация каждого предполагает гармоничное сочетание очного взаимодействия участников, их деятельности в цифровом образовательном пространстве. Организация личностного и профессионального развития в рамках олимпиадного движения по теоретической механике по предлагаемой методике позволит на более высоком уровне формировать аналитические способности студентов, их универсальные компетенции и готовность активно участвовать в инженерной подготовке инновационных проектов.

Ключевые слова: высшее техническое образование, готовность к инновационной деятельности, олимпиадное движение студентов, преподавание теоретической механики

Благодарности: Кукушкиной Валентине Андреевне, методисту, отличнику народного просвещения, за поддержку и ценные замечания при подготовке статьи.

Для цитирования: Попов А.И. Развитие аналитических способностей студентов технических специальностей в олимпиадном движении по теоретической механике // *Социальная компетентность*. 2020. Т. 5. № 4. С. 505–518.

Development of engineering students' analytical skills in olympiad movement on theoretical mechanics

© Andrei I. Popov
Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Abstract: The article analyzes the problematic aspects in the organization of engineering personnel training in modern socio-economic conditions, shows the need to develop analytical skills and professionally directed creativity, readiness to comprehensively analyze technical systems and determine the directions of their improvement. The role of the Olympiad movement in theoretical mechanics in the development of innovative readiness of an engineer is investigated and the need for the development of the Olympiad movement and its reaching a new level in the context of improving the creative qualities and analytical abilities of students is justified. The main methodological approaches for developing analytical skills and creativity in the Olympiad movement are axiological, competence-based, contextual, and activity-based. Based on a comprehensive analysis, a model of a competitive engineer who is ready to actively engage in innovative activities has been developed. The main qualities of an engineer are the ability to analyze information, the ability to determine the

need to use a new physical principle of action, and psychological readiness to implement a creative process to improve technical systems under stress. Psychological and pedagogical conditions for organizing the educational process based on the implementation of the principles of impulse pedagogy and the use of the potential of digitalization are determined. The main pedagogical means are creative tasks. The principles of developing creative problems are considered and their application is shown through the example of constructing problems in theoretical mechanics. The developed theoretical foundations for the development of analytical skills are the basis for the methodology of organizing the Olympiad movement in modern conditions. It includes the stages of initiation of creative thinking, creative development, reflection and relaxation, and creative entry into the profession. The implementation of each stage presupposes a harmonious combination of face-to-face interaction between participants in the educational process and activities in the digital educational space. The organization of personal and professional development within the framework of the Olympiad movement in theoretical mechanics according to the proposed methodology will allow students to form analytical abilities, their universal competencies and readiness to actively participate in the engineering preparation of innovative projects at a higher level.

Keywords: higher technical education, readiness for innovation, Olympiad movement of students, teaching theoretical mechanics

Acknowledgments: I would like to express my very great appreciation to Kukushkina Valentina Andreevna, a specialist in teaching methods, honorable person in national education, for her support and valuable comments throughout the article preparation.

For citation: Popov A.I. (2020) Development of engineering students' analytical skills in Olympiad movement on theoretical mechanics. *Sotsial'naya kompetentnost' = Social Competence.* Vol. 5. No. 4. P. 505–518. (In Russ.)

Введение

Существующая система подготовки инженерных кадров преимущественно ориентирована на формирование готовности к выполнению, согласно алгоритмам основных трудовых функций, причём в большинстве случаев цель деятельности и критерии её достижения определены извне (например, руководитель решает в задании на конструирование параметры технического объекта и ограничения его функционирования). В тоже время деятельность в условиях реального производства достаточно часто предполагает принятие инженерно-техническими работниками самостоятельных решений в условиях ограничения времени, возможности использования материальных и трудовых ресурсов. Специалист должен быть готов не только найти ответ на нестандартную техническую задачу, но и вначале проанализировать проблемную ситуацию, выявить критичные направления её развития и сформулировать цель и задачи инженерной деятельности, быть готовым к реализации инновационных проектов (Юдин, Попов, 2018; Наумкин, Шекшаева и др., 2019).

Необходимо отметить, что формирование эго-идентичности в детском и юношеском возрасте не всегда обеспечивает развитие на высоком уровне таких качеств, как креативность, самостоятельность, ответственность за её результаты. В сознании молодых людей достаточно часто сильно дифференцированы личные и общественные интересы, причём именно при разрешении общественных и корпоративных проблем наблюдается низкий уровень проявления способности к рациональному анализу ситуации и принятию обоснованного решения. Этому способствует и близкое окружение, и используемые в большинстве общеобразовательных учреждений технологии, ориентированные на доминирующую роль учителя и подавление инициативности обучающихся (при этом творческие формы организации образовательной деятельности часто только декларируются, заменяясь на видоизмененные традиционные подходы). В процессе профессионального становления данная тенденция сохраняется, обучающиеся нацелены на работу по уже разработанным кем-то алгоритмам, выполняя поставленные руководителем задачи. Студенты стремятся получить подробные методические указания к выполнению каждого вида учебной деятельности (решению задач, лабораторных работ), а затем ориентируются работать только по стандартам и руководящим материалам. Для конкурентоспособного инженера, безусловно, необходимо знание и владение нормативными документами, но при этом он должен уметь критически оценивать ситуацию и результаты, полученные по алгоритмическим процедурам. Достаточно часто в техническом

вузе даже темы курсовых работ и проектов, которые должны определяться по результатам прохождения производственной практики, назначает руководитель, а молодой человек лишь пассивно выполняет сформулированные задачи. Проведенный анализ состояния технического образования позволил выявить противоречия между необходимостью формировать аналитические способности и профессионально направленную креативность, готовность всесторонне анализировать технические системы и определять целесообразность их совершенствования и сложившейся образовательной практике в вузе. Целью исследования было выявление психолого-педагогических условий, способствующих развитию аналитических способностей, и разработка методики повышения эффективности процесса подготовки конкурентоспособных инженеров.

С середины прошлого века в технических вузах для выявления одаренных студентов активно используется олимпиадное движение по учебным дисциплинам (Савченко, 2017; Бабушкина, Шестакова, 2012). В формировании мышления инженера и развития его аналитических способностей решающую роль играют естественно-научные дисциплины, и, прежде всего, математика (Эвнин, 2020), теоретическая механика (Попов, 2010; Чистяков, 2017; Шимановский, Кракова, 2018; Назарова, Фалькова, Климовский, 2017). В начале олимпиады по теоретической механике проводились на уровне ведущих технических вузов, но в 1981 году их организация вышла на союзный (первая всесоюзная олимпиада прошла в Ижевском механическом институте – ныне техническом университете) (Попов, 2010). Методология олимпиадного движения того времени предполагала в первую очередь достижения соревновательной цели и выявления лучших на данный момент студентов по дисциплине. Такой подход достаточно часто доминирует и сейчас (Авдеюк, Лемешкина и др., 2016). Но его реализация не обеспечивает массовость – олимпиады в студенческих группах проводятся раз в год, причем в них принимают участие только лучшие. И для победителей вузовского тура создаются условия для интенсивного развития (в рамках дополнительных занятий) и саморазвития (под руководством преподавателя-наставника), что обуславливает их выход на творческий уровень владения знаниями по теоретической механике (Бабушкина, Шестакова, 2012). Социальный заказ на персонификацию обучения и учёт потребностей и образовательных возможностей каждого студента, с одной стороны, и востребованность на производстве специалистов, проявляющих креативный уровень интеллектуальной активности, с другой, обуславливают необходимость развития олимпиадного движения и выход его на новый уровень в контексте совершенствования творческих качеств и аналитических способностей студентов (Келдибекова, Авазова, 2018; Шелудько, Демина и др., 2019; Юдин, Попов, 2018).

Методы

Основными методологическими подходами развития аналитических способностей и креативности в олимпиадном движении являются аксиологический, компетентностный, контекстный и деятельностный. Аксиологический позволяет рассматривать аналитическую деятельность как важнейшую составляющую инженерного творчества, обеспечивающего успешную профессиональную реализацию. Компетентностный подход реализуется посредством выделения ключевых компонентов компетенций, определяющих готовность к инновационной деятельности, и проектирование системы воспитывающего обучения в олимпиадном движении, ориентируясь на эффективное формирование данных компетенций и побуждение студентов к проявлению эвристического или креативного уровня интеллектуальной активности. Содержание обучения в рамках олимпиадного движения по теоретической механике должно отражать и общие предметный и социальный контексты инженерной деятельности, и специфику работы знакомого обучающемуся субъекта промышленного производства (например, по учебной практике). Формирование аналитических способностей предполагает включение студентов в деятельность по рассмотрению проблемных ситуаций в работе инженера, разрешение которых возможно на основе применения знаний теоре-

тической механики и имеющихся у молодого человека универсальных компетенций.

Для решения исследовательских задач использованы: теоретико-методологический анализ психолого-педагогических и специальных источников по исследуемой теме; непосредственное и опосредованное наблюдение за процессом творчества студентов при изучении теоретической механики и решении олимпиадных задач, анализ результатов деятельности участников олимпиад различного уровня; изучение и обобщение педагогического опыта подготовки обучающихся посредством олимпиадного движения. Проводился эксперимент в рамках подготовки к олимпиадам по теоретической механике, а используемые диагностические методы позволили адекватно диагностировать уровень сформированности аналитических способностей и творческих качеств у студентов технических специальностей.

Необходимо отметить, что отражение в олимпиадных заданиях предметного и социального контекстов труда инженера по разработке и совершенствованию технических систем, соревновательный характер деятельности, ограничения по времени и повышенная ответственность за результат приближают олимпиады по уровню психологического напряжения к реальной производственной ситуации и конкуренции (как в рамках промышленного предприятия, так и на рынке труда). Это позволяет рассматривать решение олимпиадных задач как наиболее валидный и однозначный способ оценивания результатов обучения (Попов, Ракитина, 2016).

Результаты

Необходимо отметить, что в нормативных документах высшего образования не всегда чётко и логично сформулированы результаты освоения образовательных программ и описаны индексы их достижения, что не позволяет в ряде случаев осуществить оптимальное проектирование содержания обучения и выбор соответствующих образовательных технологий.

Был проведен комплексный анализ нормативно-правовой базы высшего образования, результатов опросов руководителей и специалистов ведущих машиностроительных предприятий региона, бесед во время участия автора статьи в проведении государственных аккредитационных экспертиз с профессорско-преподавательским составом вузов страны и представителями работодателей. На его основе выделены следующие компетенции, обеспечивающие активное участие выпускников вуза в реализации инновационных проектов:

– способность анализировать информацию: о потребностях рынка в высокотехнологичных технических системах и выбирать приемлемый его сегмент для инновации; о состоянии интересующего класса технических систем в настоящий момент и резервах их развития; о возможностях хозяйствующего субъекта и научно-исследовательских организаций по совершенствованию выбранного объекта;

– умения определять необходимость в использовании нового физического принципа действия на основе прогнозирования развития технической системы по S-функции;

– умения выявлять недостаточно эффективно используемые хозяйствующим субъектом ресурсы (финансовые, трудовые, материальные), определять возможности для его развития, предоставляемые внешней средой и сложившимся инновационным климатом;

– умения реализовывать стратегию сокращения, и прежде всего, при проектировании технических систем, находить не используемые внутренние резервы для их совершенствования;

– навыки осуществления математического моделирования технических систем и их узлов, оптимизации конструктивных параметров и технологических режимов;

– психологическая готовность к осуществлению творческого процесса по совершенствованию технических систем в условиях повышенной ответственности за конечный результат, нехватки времени и жестких экономических и правовых ограничений;

– способность к трансферу полученных интеллектуальных результатов инновационной деятельности в решение других проблемных ситуаций;

– способность при анализе проблемного поля выходить за рамки существующей за-

дачи и наложенных ограничений, наличие творческого воображения и готовность использовать его в профессиональной деятельности.

Последнюю из указанных компетенций следует пояснить подробнее. Как указывалось ранее, современная система образования не всегда позволяет формировать эго-идентичность личности, обеспечивающую свободу творчества. Осуществление деятельности, связанной с выполнением трудовых функций в достаточно узком диапазоне профессиональной области, может способствовать психологическим деформациям личности, что в дальнейшем при нерациональном использовании административного ресурса ведет к торможению инновационной деятельности.

В результате проведенных теоретических исследований и обобщения опыта организации и проведения международных, всероссийских, региональных и университетских олимпиад по теоретической механике (Попов, 2010; Шимановский, Кракова, 2018; Грахов и др., 2014; Пугачев, 2015), сформулированы психолого-педагогические условия, выполнение которых обеспечит эффективное развитие аналитических способностей студентов.

Качество подготовки к инновационной инженерной деятельности при углубленном изучении теоретической механики увеличится, если:

– творческое саморазвитие обучающихся будет происходить при методическом и нравственном сопровождении преподавателями, обладающими креативно-педагогическими компетенциями, высоким уровнем духовной культуры и получающими моральное удовлетворение от осуществления образовательной деятельности;

– познавательная деятельность будет интегрирована с духовно-нравственным воспитанием и формированием целевых установок на профессиональное творчество при гармоничном соблюдении общественных, корпоративных и личных интересов;

– при подготовке к олимпиадам чередовать периоды интенсивной работы над сложной нестандартной задачей и решением типовых задач, отражающих предметный контекст деятельности, а также этапы рефлексии и релаксации;

– использовать инструментально-педагогические средства, способствующие преодолению психологической инерции и побуждающие к активной мыслительной деятельности (Попов, 2010);

– использовать для творческого развития студентов в олимпиадном движении задачи с недостающими или избыточными данными, с противоречивым условием и некорректной постановкой, что побуждает учащихся к преодолению психологической инерции и критическому анализу представленной информации;

– создавать условия для проявления дивергентного мышления посредством анализа олимпиадных задач в изменившихся условиях и при снятии/наложении ограничений;

– организовать интенсивную работу студентов в цифровом пространстве в рамках смешанных коллективов обучающихся различных форм (очной и заочной);

– формировать аналитические способности, интегрируя олимпиадное движение и производственную практику;

– побуждать студентов к качественному проведению этапа рефлексии после олимпиад для устранения недостатков самоменеджмента и рассмотрения других способов разрешения проблем;

– использовать профессиональный и житейский опыт обучающихся (в т. ч. после прохождения учебной и производственной практик) для придания обучению профессиональной направленности.

Особую роль в развитии аналитического мышления занимает решение задач, которые должны дать первоначальный импульс творческому развитию. На основе опыта участия в подготовке и проведения олимпиад по теоретической механике различного уровня сформулированы принципы разработки творческих задач.

1. Задачи должны быть доступными для восприятия. При небольшом объеме задачи можно было бы найти всю необходимую информацию для первичного анализа.

2. Задача должна предполагать даль-

нейшее её исследование посредством корректировки условия и изменения целевой функции.

Например, достаточно простая ситуация описывается в следующей задаче (Попов, 2010). Тонкий однородный стержень *OA* длины *l* концом *O* (рис. 1) закреплён шарнирно на высоте *h* над горизонтальной поверхностью жидкости, в которую опущен второй его конец. Плотность жидкости равна ρ, плотность стержня *k*ρ (*k* и ρ – постоянные). Определить значения угла φ при равновесии стержня.

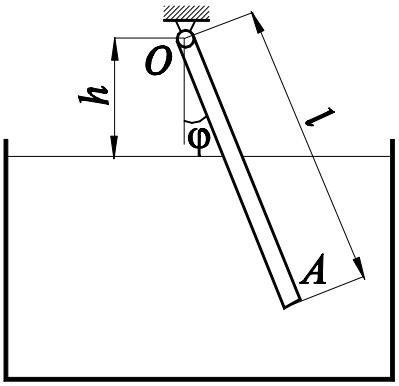

Рис. 1. Модель механической системы со стержнем в жидкости
Fig.1. Model of a mechanical system with a rod in liquid

С одной стороны, описанная ситуация знакома студенту и понятна логика решения, необходимо только чётко применить базовые знания по дисциплине. Первичный анализ информации, приведённой в задаче, предполагает установление глубины погружения стержня (высоте *h*) и угла при равновесии. Далее возможно несколько усложнить задачу, предположив, что в ёмкости находятся две несмешивающиеся жидкости с различными плотностями. В результате анализа молодой человек может установить зависимость угла равновесия от занимаемого более лёгкой жидкостью объёма и соотношения их плотностей.

Следующим этапом анализа будет моделирование движения стержня в случае нарушения неустойчивого положения равновесия. Вначале обучающийся может предположить отсутствие сопротивления среды движению стержня и определить характеристики колебательного движения, но жизненный опыт (например, сопротивление передвижению человека в воде бассейна) побудит к созданию более адекватной модели движения стержня. При этом студенту потребуются и новые знания (закономерности гидродинамики – сила сопротивления движению в жидкости), которые он сможет получить в режиме саморазвития, и дополнительные характеристики объекта и среды, несущественные в первых вариантах задачи (геометрические параметры, определяющие показатель обтекания стержня и вязкость жидкости).

В качестве другого примера развития проблемной ситуации и побуждения студента к анализу ситуации приведем следующую задачу. Изображённый на рис. 2 полуцилиндр опирается на шероховатую поверхность и нагружён некоторой горизонтальной силой *F*. Коэффициент трения между полуцилиндром и плоскостью равен *f*. Определить максимальное значение угла α при равновесии системы (Попов, 2010).

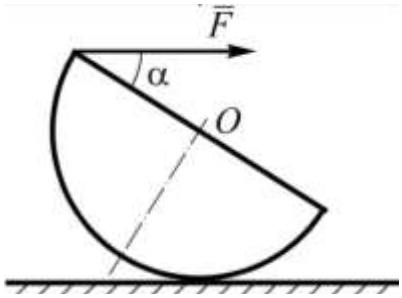

Рис. 2. Модель механической системы с полуцилиндром
Fig. 2. Model of a mechanical system with a half cylinder

Решение данной задачи достаточно очевидно (например, посредством применения закона равновесия тела под действием трех сил). Интерес для анализа представляют изменения в условии. Например, плотность цилиндра изменяется по линейному закону в зависимости от расстояния от рассматриваемой точки полуцилиндра до центра O, причём, плотность материала у криволинейной поверхности в два раза больше плотности в точке O. Другим направлением исследования описанной ситуации будет анализ движения полуцилиндра при внезапном исчезновении связи, определяемой силой *F*.

3. Трудоемкость освоения естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, в т. ч. и теоретической механики, «благодаря»

свободе в разработке образовательных программ, предоставленной ФГОС ВО вузам, неуклонно снижается, а часто они интегрируются в одну дисциплину – прикладную механику. Поэтому целесообразно разрабатывать задачи, побуждающие к изучению дополнительных разделов дисциплины, не включенные в основной курс.

В качестве примера рассмотрим задачу на сферическое движение (Попов, 2010). В дифференциальной передаче (рис. 3), состоящей из водила *1* и конических шестерён *2* и *3*, заданы два вращения: ω_1 = const, ω_2 = const, причём $\omega_2 > \omega_1$. Зная углы α и β в осевых сечениях шестерён, найти абсолютное угловое ускорение шестерни 3 .

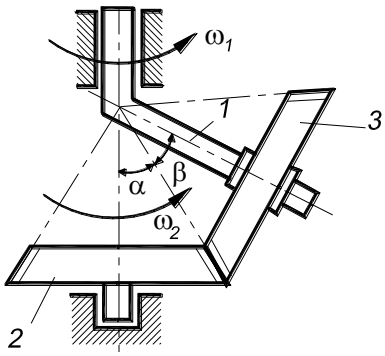

Рис. 3. Модель конической зубчатой передачи
Fig. 3. Model of beveled gear

Первая версия задачи чисто учебная. Описываемая техническая система знакома большинству обучающихся, и решение её возможно при помощи применения основных закономерностей кинематики. Но это достаточно долго и при слабом пространственном воображении велика вероятность ошибок. Поэтому актуализируется изучение раздела теоретической механики, описывающего сферическое движение, а параллельно и разделов математики, определяющих действия над векторами.

4. Задача должна допускать множество подходов к её решению, причем молодой человек должен проанализировать их и определить оптимальность использования каждого в зависимости от внешних условий деятельности.

В качестве примера рассмотрим следующую задачу. Груз *P* поднимается с помощью двух тросов (рис. 4), движущихся в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями $\left(\bar{V}_A = -\bar{V}_B\right)$. Определить скорость и ускорение груза.

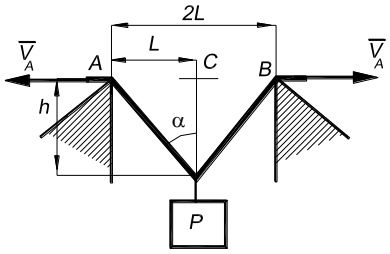

Рис. 4. Модель механической системы для поднятия груза
Fig. 4. Model of a mechanical system for lifting a load

Первоначально студенты предполагают, что скорости тросов в месте крепления груза $\bar{V}_{A_Г}$ и $-\bar{V}_{B_Г}$ такие же по модулю как в точках *A* и *B*, но направлены вдоль этих тросов. Стереотипы мышления приводят к тому, что за искомый результат принимается или проекция $\bar{V}_{A_Г}$ на вертикальную ось или сумма проекций. Но анализ частного случая (когда груз практически поднялся и трос стал почти горизонтальным) и сравнение полученного результата с жизненным опытом подсказывает, что решение некорректно. Если знаний закономерностей теоретической механики (в частности, кинематики движения точки) недостаточно, обучающиеся могут использовать знания школьного курса физики, вспомнив, что скорость есть производная от координаты по времени. Записав зависимость расстояния *CP* от времени и взяв производную, легко найти решение задачи. Определить ускорение на основе подобного подхода возможно, но значительно более трудоёмко. Это побуждает к активному освоению на деятельностном уровне основных закономерностей теоретической механики.

5. Задачи должны отражать предметный контекст будущей деятельности и основываться на проблемных ситуациях реального производства. Это будет сильным побудительным мотивом к анализу проблемного поля, моделированию объекта или технической системы посредством выявления их ключевых компонентов и учёта решающих факторов функционирования объекта. Задачи по

теоретической механике в этом случае становятся первым импульсом к интенсивному изучению практико-ориентированных инженерных дисциплин: сопротивления материалов и прочностных расчетов, теории механизмов и машин и т. д. Сильным познавательным потенциалом обладают задачи, описывающие знакомую обучающимся проблемную ситуацию, но при этом позволяющие построить простую теоретическую модель, адекватно описывающую процесс.

Например, дано, что в техническом объекте (рис. 5) шестерня напрессована на вал и сила трения между ними, вызванная напрессовкой, равна Q, коэффициент трения сцепления равен f_0. Определить закон изменения силы $P = f(y)$, которую нужно приложить для снятия шестерни с вала. Результаты теоретического анализа описанной ситуации могут быть сравнены с имеющимися у части обучающихся опытом решения подобных задач на практике.

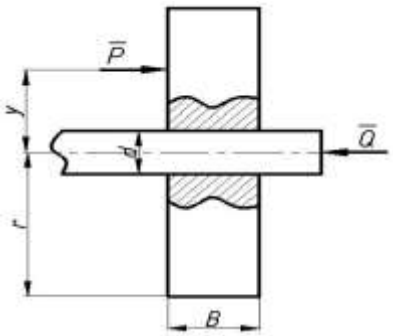

Рис. 5. Шестерня, запрессованная на вал
Fig. 5. Gear pressed onto the shaft

Отражение предметного контекста будущей профессиональной деятельности позволит в дальнейшем более плодотворно решать инженерные задачи. Например, для специалистов в области химического машиностроения побуждающей к полному анализу проблемы работы с сыпучими материала будет следующая задача (Попов, 2012).

Под каким углом α (рис. 6) к горизонту нужно установить транспортер для разделения фракций сыпучего материала, если коэффициент трения о ленту транспортера для одной фракции равен 0,45, а для другой – 0,35? С какой минимальной скоростью должна двигаться лента транспортера, чтобы частицы материала отделялись от ленты в точке B? Расстояние между центрами барабанов равно l, их радиусы равны R. Определить место падения частиц сыпучего материала, рассматривая их как материальные точки массы m.

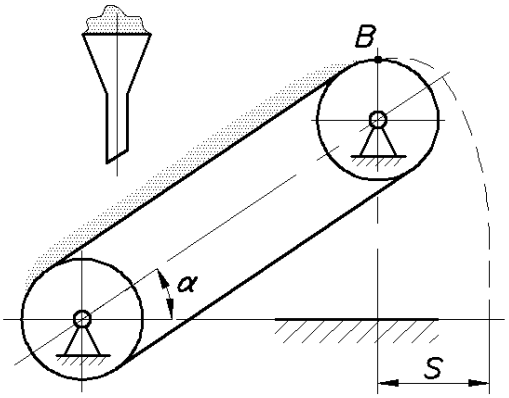

Рис. 6. Модель транспортёра для сыпучего материала
Fig. 6. Conveyor model for bulk material

Данная задача интересна тем, то позволяет не только проводить моделирование функционирования технической системы, но и сделать небольшое экспериментальное исследование, изготовив лабораторную установку. Сравнивая теоретические и экспериментальные данные, обучающийся приобретет навыки аналитической деятельности и выявляет дополнительные факторы, влияющие на процесс.

6. Задачи должны быть различного уровня сложности, но даже самая простая из них предполагает возможность проявления нестандартного мышления. Достаточно простые вопросы (но интересные и оригинальные, с нерациональным условием), необходимы для преодоления студентами стимульно-продуктивного уровня интеллектуальной активности. Радость маленького открытия позволит на некоторое время создать внутреннюю мотивацию к дальнейшему исследованию этой или родственной проблемной ситуации механики. По мере усложнения деятельности мотивация к выходу в исследовании за рамки, определенные в задаче, является предпосылкой для осознанного изучения и творческого преобразования данного сегмента технических систем. Но значительное количество слишком легких заданий будет скорее способствовать затуханию инте-

реса к познавательной деятельности и техническому творчеству. Поэтому среди предлагаемых задач должны быть такие, которые потребуют максимального интеллектуального напряжения и длительного исследования (не всегда заканчивающегося нахождением решения, но предоставляющего возможность тренировать аналитические способности).

Например, достаточно интересна следующая задача, особенно если студенту предложено решать ее в ограниченное время. Лодка стоит неподвижно в стоячей воде. Человек, находящийся в ней, переходит с носа на корму. На какое расстояние переместится лодка, если масса человека $m_1 = 60$ кг, масса лодки $m_2 = 120$ кг, длина лодки $l = 3$ м? Сопротивление воды не учитывать (Попов, 2012). С одной стороны, её решение построено на классических закономерностях сохранения в механике, но традиционный подход потребует записи ряда формул и некоторых вычислений. В условиях конкурса обучающиеся стремятся сэкономить время и могут найти оригинальное устное решение, например, рассмотрев в начале случай равенства массы человека и лодки и помня, что при отсутствии трения и других сил в горизонтальном направлении центр тяжести системы остается неподвижным (т. е. в центре координат, относительно которого картинка «человек-лодка» до и после движения будет симметрична).

Более сложной выглядит следующая задача (Попов, 2012), где решение не так очевидно. Тонкий обруч радиуса *r* без проскальзывания скатывается в яму, имеющую форму полусферы с радиусом *R*. На какой глубине давление обруча на стенку ямы станет равно его силе тяжести? Использование основных законов динамики и сообразительность помогут достаточно быстро найти ответ.

7. И конечно задача должна вызывать интерес. Например, как объяснить при помощи законов механики функционирование биологических объектов? Смоделируем ситуацию, когда человек массы *m* , бегущий со скоростью *V*, спотыкается о малую неподвижную преграду (рис. 7) (Попов, 2012).

В качестве модели бегущего человека рассмотреть поступательно перемещающийся вертикальный однородный стержень. Анализируя взаимодействие с преградой, пренебречь скоростью и перемещением нижней точки стержня и отклонением его от вертикали (абсолютно неупругий удар). Определить работу сил ударного взаимодействия ноги человека и преграды за время удара. Какова будет эта работа, если посредине стержня установить идеальный шарнир? Задачи такого рода побуждают к самостоятельному изучению близких с механикой научных областей, в данном случае биомеханики как самостоятельной науки.

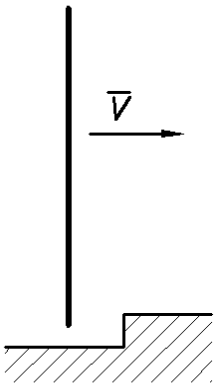

Рис. 7. Модель бегущего человека
Fig. 7. Model of a running person

Обсуждение

Формулирование основных психолого-педагогических условий и разработка методических принципов составления творческих задач позволили предложить усовершенствованную методику организации олимпиадного движения в условиях цифровизации образования и необходимости соблюдать определенные санитарные нормы. Значительная часть взаимодействия обучающихся с другими участниками образовательного процесса переносится в цифровое пространство, но полностью исключить очное общение нельзя, т. к. оно, прежде всего, обеспечивает аксиологический аспект образования, позволяя формировать ценностные ориентиры современной молодежи и снимать психологическое напряжение после соревновательной деятельности.

В этих условиях наиболее важным является сохранение эмоционального влияния

личности преподавателя на студентов, побуждающего всей своей деятельностью к конструктивному творчеству как в процессе профессиональной реализации, так и в других сферах деятельности. Без личного общения с преподавателем (хотя и сокращенного для обеспечения эпидемиологической безопасности) невозможно добиться воспитательного эффекта, когда в вузе формируется не только грамотный специалист с аналитическим мышлением, но и человек с активной гражданской позицией, нацеленный на применение своих способностей на благо общества.

Разработанная методика включает несколько этапов.

1. Этап инициации творческого мышления. В начале в рамках аудиторных занятий студентам предлагается решить несколько достаточно простых задач, имеющих творческий компонент. Каждый должен найти задачу по силам, чтобы радость от её решения сохранила познавательную мотивацию. Студентам, которые добиваются лучших результатов или проявляют активный интерес, в дальнейшем необходимо предложить для исследования в цифровой среде более сложные механические системы. Консультации преподаватель проводит в смешанном формате: очно и дистанционно. Постепенно в рамках этого взаимодействия обучающиеся и преподаватель, узнав друг друга, находят способы эффективной коммуникации в каждом конкретном случае. Таким образом формируются группы, внутренне мотивированные к углубленному изучению теоретической механики.

2. Этап творческого развития. Реализуется в форме групповых занятий с преподавателем, саморазвития в цифровой среде, а также проектной деятельности в рамках виртуальных студенческих коллективов, в виде олимпиад в различном формате.

Программа групповых занятий (проводимых как очно, так и с использованием телекоммуникационных технологий), разрабатывается преподавателем на основе содержания базового курса теоретической механики, и, наряду с инженерной подготовкой, обеспечивает развитие аналитических способностей. Данное содержание постоянно корректируется на основе учёта результатов предшествующей деятельности членов коллектива, и их текущих интересов (например, актуализация каких-либо тем механики, вызванная освоением профессиональных дисциплин).

На основе анализа деятельности студентов во время групповых занятий, их личностных качеств и цифрового профиля преподавателем организуется для каждого прохождение индивидуальной образовательной траектории в цифровом пространстве. Частично работа преподавателя может выполняться адаптивной системой управления саморазвитием, но его роль остаётся решающей. В цифровом пространстве студент может дополнительно осваивать какие-либо разделы дисциплины (и здесь целесообразно использовать фрагменты массовых открытых онлайн-курсов (МООК), а также развивать свои аналитические способности при решении задач. Необходимо отметить, что в настоящее время МООК по техническим дисциплинам не могут быть рекомендованы для всех вузов, т. к. зачастую имеют слишком значительную трудоёмкость и ориентированность на конкретные профессиональные области, но модульное их использование позволит максимально индивидуализировать профессиональное становление студентов.

Основным инструментом саморазвития студентов являются творческие вопросы. Предлагаемые им задачи для самостоятельного решения также не должны иметь опубликованных решений. При подготовке сборников задач (Попов, 2010; Попов, 2012) в них сознательно не были включены решения большинства задач, а лишь ответы для самоконтроля и рекомендации по решению наиболее сложных. Преподаватель (или информационная система) по мере необходимости лишь корректируют познавательную деятельность через рекомендации к решению. Наиболее проблемные задачи могут быть рассмотрены на групповых занятиях.

Для обеспечения эффективной творческой работы целесообразно чередовать сложные задания с более простыми, что подразумевает организацию образовательного процесса в импульсном режиме.

В условиях снижения доли очной комму-

никации важным является формирование навыков групповой деятельности, причём целесообразно, чтобы при этом была обеспечена интерактивность обучения. Например, можно формировать небольшие смешанные коллективы (из студентов различных курсов, специальностей, форм обучения). Обязательно участие в них обучающихся по заочной (очно-заочной) форме, работающих по профилю. Это позволит другим членам коллектива приобщиться к профессиональной деятельности и погрузиться в её проблемы, а самим студентам заочной формы обучения повысить теоретический уровень подготовки. Наиболее эффективно, если для проектной деятельности виртуального коллектива будет выбрана проблемная ситуация реального предприятия, актуальная для работающего там студента и предполагающая для её анализа использование основных закономерностей механики.

Важным компонентом системы развития аналитического мышления являются олимпиады. Их проведение в очной и дистанционной форме направлено на решение различных задач. При их проведении с использованием компьютерных технологий, вследствие сложности обеспечения процедуры прокторинга, основной целью станет формирование студентами умений оптимально распределить ресурсы (информационные, временные), объективно оценивать свои силы, навыки последующей рефлексии во взаимодействии с преподавателем, позволяющей сформировать образовательную траекторию в цифровом пространстве и изменять содержание групповых занятий. Олимпиады в очном формате (сейчас только на уровне вузов, а при нормализации эпидемиологической ситуации в рамках региона, страны) направлены преимущественно на развитие стрессоустойчивости, преодоления тормозящих факторов проявления креативности, закрепления чувства ответственности за проделанную работу.

3. Этап рефлексии и релаксации. Рефлексия в настоящее время будет организована в дистанционной форме (как на занятии группы, так и при индивидуальной консультации с преподавателем).

Для предотвращения психологической деформации и закрепления ценностных ориентаций приоритетное значение имеет релаксация участников олимпиадного движения. Это может быть и совместное выполнение проекта, связанного с дисциплиной или областью профессиональной деятельности, но нацеленного на исследование влияния человеческого фактора на изменение действительности. Например, изучение истории разработки каких-либо знаковых технических систем или деятельности значимых для обучающегося людей – ведущих учёных университета и почетных граждан региона, связанных с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Для установления эмоционального контакта и усиления взаимного влияния участников творческого образовательного процесса предпочтительным будет очное их общение – совместное проведение досуга, дискуссии по общечеловеческим и культурным проблемам, знакомство с культурой и обычаями региона. По мере ослабления санитарных ограничений необходимо интенсифицировать очное общение участников олимпиадного движения по теоретической механике – студентов и преподавателей. Это позволит совершенствовать аналитические способности на основе развития духовно-нравственных качеств.

4. Этап творческого вхождения в профессию. Олимпиадное движение и победа в нём не должны стать для обучающихся основной целью, а будут лишь отправной точной дальнейшего профессионального совершенствования. Очень важно, чтобы изучение теоретических дисциплин, и прежде всего механики, обеспечило не только развитие аналитического мышления, но и позволило студентам приобрести навыки решения профессиональных проблем инженерной деятельности на основе фундаментальных знаний. Поэтому заключительный этап участия студентов в олимпиадном движении предполагает самостоятельное формулирование творческих задач на основе полученной информации при прохождении учебной и производственной практики. На этом этапе формируются умения анализировать разнообразную информацию профессиональной деятельности и актуализировать наиболее значимую в настоя-

щий момент проблему, решение которой входит в компетенцию инженера, навыки моделирования ситуации на основе выявления ключевых компонентов технических систем и действующих факторов. Совместное решение самостоятельно поставленной задачи при участии преподавателя закрепляет сформированность аналитических компетенций на деятельностном уровне.

Заключение

Определяющим в развитии аналитических способностей студентов технических специальностей является создание в вузе условий для творческого саморазвития молодых людей по индивидуальной образовательной траектории с использованием потенциала цифровизации. Наиболее перспективной формой организации творческого совершенствования при освоении основ инженерной деятельности является олимпиадное движение студентов по основным дисциплинам, и прежде всего, по теоретической механике. Используемые в качестве основного инструментально-педагогического средства олимпиадные задачи побудят обучающегося к переходу от стимульно-продуктивного уровня интеллектуальной активности к проявлению эвристического и креативного. Организация деятельности на основе чередования интенсивной мыслительной работы по решению творческих задач, вдумчивого освоения новых компонентов предметной области, рефлексии и релаксации при активном участии на всех этапах преподавателя-наставника и рационального сочетания очного и дистанционного взаимодействия и использования электронного обучения обеспечат деятельностный уровень владения ключевыми инженерными компетенциями.

Организация личностного и профессионального развития в рамках олимпиадного движения по теоретической механике по предлагаемой методике позволит на более высоком уровне (чем определено ФГОС ВО) формировать аналитические способности студентов, их универсальные компетенции и готовность активно участвовать в инженерной подготовке инновационных проектов, а преподавателей побудит не останавливаться в своем развитии и позволит им получить истинное наслаждение от своей деятельности.

Список литературы / References

Авдеюк О.А., Лемешкина И.Г., Павлова Е.С., Приходькова И.В. Предметные олимпиады как форма выявления одаренных школьников и студентов // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2016. № 1. С. 29–30.

Avdeyuk O.A., Lemeshkina I.G., Pavlova E.S., Prikhod'kova I.V. (2016) Subject Olympiads as a form of revealing gifted students. *Innovatsionnye, informatsionnye i kommunikatsionnye tekhnologii = Innovative, information and communication technologies.* No. 1. P. 29–30. (In Russ.)

Бабушкина Г.Ф., Шестакова З.Р. Конкурсное и олимпиадное движение как средство повышения профессионализма // Образование. Карьера. Общество. 2012. № 2(34). С. 21–22.

Babushkina G.F., Shestakova Z.R. (2012) Competition and Olympiad movement as a means of increasing professionalism. *Obrazovanie. Kar'era. Obshchestvo = Education. Career. Society*. No. 2 (34). P. 21–22. (In Russ.)

Грахов В.П., Мохначев С.А., Кислякова Ю.Г., Анисимова Н.В. Организация участия студентов в олимпиадном движении: опыт и перспективы // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 365.

Grakhov V.P., Mokhnachev S.A., Kislyakova Yu.G., Anisimova N.V. (2014) Organization of student participation in the Olympiad movement: experience and prospects. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. No. 6. P. 365. (In Russ.)

Назарова Л.П., Фалькова Е.В., Климовский Д.А. Развитие творческих способностей и формирование профессиональных компетенций студентов при олимпиадах по теоретической механике // Механика. Исследования и инновации. 2017. № 10. С. 265–268.

Nazarova L.P., Fal'kova E.V., Klimovskii D.A. (2017) Development of students' creative abili-

ties and building professional competencies at Olympiads in theoretical mechanics]. *Mekhanika. Issledovaniya i innovatsii = Mechanics. Research and innovation*. No. 10. P. 265–268. (In Russ.)

Келдибекова А.О., Авазова Э.Т. Дистанционные и эвристические олимпиады – современные формы проведения предметных олимпиад // Вопросы педагогики. 2018. № 9. С. 34–37.
Keldibekova A.O., Avazova E.T. (2018) Distance and heuristic Olympiads as modern forms of subject Olympiads]. *Voprosy pedagogici = Pedagogics issues*. No. 9. P. 34–37. (In Russ.)

Наумкин Н.И., Шекшаева Н.Н., Квитко С.И., Ломаткина М.В., Купряшкин В.Ф., Коровина И.В. Разработка педагогической модели многоуровневой и поэтапной подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности // Интеграция образования. 2019. Т. 23. № 4. С. 568–586.
Naumkin N.I., Shekshaeva N.N., Kvitko S.I., Lomatkina M.V., Kupryashkin V.F., Korovina I.V. (2019) Development of a pedagogical model of students' multi-level and stage-by-stage preparation for innovative engineering activities. *Integratsiya obrazovaniy = Integration of Education*. Vol. 23. No. 4. P. 568–586. (In Russ.)

Рахманкулова Г.А., Мустафина Д.А., Суркаев А.Л. и др. Внутривузовские студенческие физико-математические олимпиады как средство формирования компетенций у студентов технического вуза // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 9. С. 209–214.
Rakhmankulova G.A., Mustafina D.A., Surkaev A.L. i dr. (2020) Intra-university students' physics and mathematics Olympiads as a means of developing technical university students' competencies. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high technologies*. No. 9. P. 209–214. (In Russ.)

Савченко Е.А. Профессиональное образование и воспитание студентов в ходе организации и проведения олимпиад, конкурсов, круглых столов // Педагогическое образование и наука. 2017. № 2. С. 43–45.
Savchenko E.A. (2017) Professional education and upbringing of students in the course of organizing and conducting Olympiads, competitions, round tables. *Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka = Pedagogical education and science.* No. 2. P. 43–45. (In Russ.)

Попов А.И. История становления и тенденции развития олимпиадного движения по теоретической механике. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. 136 с.
Popov A.I. (2010) History of formation and development trends of the Olympiad movement in theoretical mechanics. Tambov: Tambov State Technical University. 136 p. (In Russ.)

Попов А.И., Ракитина Е.А. Олимпиады как инструмент формирования творческих общекультурных компетенций специалистов и оценивания уровня их сформированности // Alma mater: Вестник высшей школы. 2016. № 1. С. 71–75.
Popov A.I., Rakitina E.A. (2016) Olympiads as a tool for formation of creative universal cultural competences of professionals, as well as for evaluation of the level of formation of such. *Alma mater: Vestnik vysshei shkoly = Alma mater: Bulletin of higher school.* No. 1. P. 71–75. (In Russ.)

Попов А.И. Творческие задачи динамики. Тамбов: Изд-во Тамбовского технического университета, 2012. 80 с.
Popov A.I. (2012) Intellectually demanding tasks of dynamics. Tambov: Tambov State Technical University. 80 p. (In Russ.)

Попов А.И. Теоретическая механика. Сборник задач для творческого саморазвития личности студента. Тамбов: Изд-во Тамбовского технического университета, 2010. 188 с.
Popov A.I. (2010) Theoretical Mechanics. Collection of tasks for creative self-development of the student. Tambov: Tambov State Technical University. 188 p. (In Russ.)

Чистяков В.В. Вузовская олимпиада по теоретической механике как средство обратной связи в совершенствовании преподавания естественно математических дисциплин в университете ИТМО // Физическое образование в вузах. 2017. Т. 23. № 3. С. 135–149.

Chistyakov V.V. (2017) Olympiad on theoretical mechanics at ITMO University as a feedback in improving the natural science education. *Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh = Physical education in higher Education*. Vol. 23. No. 3. P. 135–149. (In Russ.)

Шелудько В.Н., Демина Е.А., Лысенко Н.В., Севастьянов В.В. Региональные олимпиады студентов – важный фактор формирования будущих специалистов // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2019. Т. 1. С. 474–476.
Shelud'ko V.N., Demina E.A., Lysenko N.V., Sevast'yanov V.V. (2019) Regional students' Olympiads - an important factor in formation of future specialists. *Sovremennoe obrazovanie: soderzhanie, tekhnologii, kachestvo = Modern education: content*, *tech*nology, quality. Vol. 1. P. 474–476. (In Russ.)

Шимановский А.О., Кракова И.Е. XIV Международная олимпиада по теоретической механике // Механика. Исследования и инновации. 2018. № 11. С. 290–314.
Shimanovskii A.O., Krakova I.E. (2018) The XIV international Olympiad in theoretical mechanics. *Mekhanika. Issledovaniya i innovatsii = Mechanics. Research and innovation*. No. 11. P. 290–314. (In Russ.)

Юдин В.А., Попов А.И. Формирование инновационной готовности специалистов в олимпиадном движении по теоретической механике // Alma mater: Вестник высшей школы. 2018. № 3. С. 60–66.
Yudin V.A., Popov A.I. (2018) Formation of innovative readiness of specialists in the Olympiad movement in theoretical mechanics. *Alma mater: Vestnik vysshei shkoly = Alma mater: Bulletin of higher school.* No. 3. P. 60–66. (In Russ.)

Эвнин А.Ю. Задачи по математическому анализу на студенческих олимпиадах // Математическое образование. 2020. № 2 (94). С. 55–76.
Evnin A.Yu. (2020) Problems in calculus at student Olympiads. *Matematicheskoe obrazovanie =Mathematical education*. No. 2 (94). P. 55–76. (In Russ.)

Сведения об авторе

Попов Андрей Иванович, кандидат педагогических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, Россия,
✉ e-mail olimp_popov@mail.ru

Information about the author

Andrei I. Popov, Cand. Sci. (Pedagogical sciences), Associate Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Tambov State Technical University, 106 Sovetskaya Street, Tambov, 392000, Russia,
✉ e-mail olimp_popov@mail.ru

Заявленный вклад автора

Автор выполнил исследовательскую работу, на основании полученных результатов провел обобщение, подготовил рукопись к печати, имеет на статью авторские права и несет полную ответственность за ее оригинальность.

Contribution of the authors

The author has conducted research, summarized the results, prepared the manuscript for publication, he owns the copyright in this article and bears responsibility for its originality.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Conflict of Interest

The author claims no conflict of interest.

The author has read and approved the final version of the manuscript.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 10.09.2020; одобрена после рецензирования 03.10.2020; принята к публикации 09.11.2020.

Information about the article

The article was submitted 10.09.2020; approved after reviewing 03.10.2020; accepted for publication 09.11.2020.