

УДК 378.4
DOI 10.17513/snt.40104

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК БАЗОВАЯ КАТЕГОРИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Штагер Е.В., Зацаринная Т.А.

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток,
e-mail: elena-shtager@mail.ru; zatcarinnaya.ta@students.dvfu.ru

Целью статьи является обоснование возможности применения базового понятия технической диагностики «диагностическая модель» к построению дидактической единицы, выполняющей функции универсальной ориентировочной основы действий по решению инженерных проектно-исследовательских задач. Актуальность разработки данного понятия обусловлена, с одной стороны, активным формированием практико-ориентированной среды технических вузов, акцентирующей необходимость привлечения студентов начальных курсов обучения к проектным разработкам, а с другой – отсутствием в образовательных программах обучающих модулей, рассматривающих вопрос регламентации инженерных действий на уровне пропедевтической подготовки. Для адаптации представлений диагностической модели к цели исследования применен модельно-ориентированный подход, позволивший ввести определение модели как целостной структуры физико-математического описания объекта, формирующей алгоритм решения исследовательской задачи и выступающей валидной базой подбора информативных параметров технического состояния инженерных систем. Целостность модели обеспечивается использованием диалектического ряда общенаучных инвариантов естествознания для построения конкретно-научных представлений об инженерных объектах. Обоснована целесообразность включения диагностической модели в комплекс дидактических единиц общетехнических дисциплин, выполняющих функцию информационного перехода между блоком пропедевтического знания и циклом профессиональных предметов. В заключение подчеркиваются междисциплинарный характер и возможность использования категории «диагностическая модель» для разработки методики формирования навыков самостоятельной проектной работы студентов технических вузов.

Ключевые слова: инженерная подготовка, диагностическая модель, дидактическая единица, алгоритм проектных исследований, практико-ориентированный подход

DIAGNOSTIC MODEL AS A BASIC CATEGORY OF TRAINING OF SPECIALISTS IN THE SPHERE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY

Shtager E.V., Zatcarinnaya T.A.

Far Eastern Federal University, Vladivostok,
e-mail: elena-shtager@mail.ru; zatcarinnaya.ta@students.dvfu.ru

The purpose of the article is to substantiate the possibility of applying the basic concept of technical diagnostics – a diagnostic model, to the construction of a didactic unit that acts as a universal indicative basis for actions to solve engineering design and research problems. The relevance of the development of this concept is due, on the one hand, to the active formation of a practice-oriented environment for technical universities, emphasizing the need to involve primary students in design developments, and on the other hand, the absence of training modules in educational programs that consider the issue of regulating engineering actions at the level of propaedeutic training. To adapt the representations of the diagnostic model to the purpose of the study, a model-oriented approach was applied, which made it possible to define the model as an integral structure of the physical and mathematical description of the object, which forms an algorithm for solving the research problem and acts as a valid basis for selecting informative parameters of the technical state of engineering systems. The integrity of the model is ensured by the use of a dialectical series of general scientific invariants of natural science to build concrete scientific ideas about engineering objects. The feasibility of including a diagnostic model in the complex of didactic units of general technical disciplines that perform the function of an information transition between the block of propaedeutic knowledge and the cycle of professional subjects is justified. In conclusion, the interdisciplinary nature and the possibility of using the diagnostic model category to develop a methodology for forming the skills of independent project work of students of technical universities are emphasized.

Keywords: engineering training, diagnostic model, didactic unit, design study algorithm, practice-oriented approach

Введение

Современный этап развития высшей школы характеризуется активным формированием практико-ориентированной образовательной среды. Вступила в работу крупнейшая в истории страны программа

поддержки вузов «Приоритет – 2030» [1], основной целью которой заявлена организация в России флагманских университетов как лидеров в создании нового научного знания, технологий и разработок для внедрения в отечественную экономику

и социальную сферу. В Дальневосточном федеральном университете в целях реализации данной программы разрабатываются пять стратегических проектов: «Мировой океан», «Физика и материаловедение», «Науки о жизни», «Центр цифрового развития», «Центр высокотехнологичного инжиниринга». Основную часть научно-исследовательских команд сформировали студенты технических направлений вуза, решающие проектные задачи выраженного междисциплинарного свойства на базе студенческого технопарка ДВФУ «Остров науки». Интеграционные процессы науки и технологий потребовали внесения принципиальных изменений в образовательный процесс вузов. В ДВФУ проведена модернизация программ обучения 1–2-х курсов по всем инженерным направлениям – с 2017 года введена дисциплина «Основы проектной деятельности», предназначенная для освоения во втором и третьем семестрах. Комплекс целеполагания дисциплины сформирован блоком навыков самостоятельной проектной работы, под которыми понимаются методы управления проектами, создание проектной команды, разработка идеи проекта и др. Необходимость такого учебного курса несомненна, поскольку наиболее активное участие в работе технопарков принимают студенты начальных курсов. Однако, как показывает анализ содержания рабочей программы дисциплины, основы самой проектной деятельности как педагогической технологии, концептуально ориентированной на формирование у обучающихся критического мышления, способности применять системный подход для решения практических задач, умений интеграции компетенций из различных предметных областей, в программе не отражены, а значит, и не рассматриваются в учебном процессе. В принципе, это и понятно – базовые инженерные дисциплины еще не изучены, и значит, не сформирован необходимый знаниевый контент. Вместе с тем, принятая «конфигурация» содержания дисциплины «Основы проектной деятельности» провоцирует для студентов ситуацию неосознанности физического смысла проводимых проектных исследований.

Большинство выполняемых инженерных проектов по своей сути носит характер модернизационных задач, главной целью которых является комплексная оценка технического состояния объекта с целью выявления технологических параметров, которые могут быть тем или способом оптимизированы. Комплексность связывается «с работой» с научно обоснованным множеством параметров диагностики, позво-

ляющих целостно описать функциональные характеристики объекта. В парадигме методологии технического диагностирования такой комплекс параметров формирует структуру алгоритма диагностики как результата построения *диагностической модели*, под которой понимается формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования [2]. Задачи диагностики имеют широкий спектр и рассматриваются в кластере дисциплин профессионального модуля 3–4-х курсов обучения – «Основы технической диагностики (по отраслям техники и технологий)», «Теория надежности», «Триботехника», «Вибрация в объектах машиностроения» и др. Анализ содержания учебных программ и методического обеспечения данных дисциплин показал, что под диагностической моделью, в основном, понимаются математические уравнения, описывающие поведение конкретной инженерной системы. Также используется понятие модели и как совокупности диагностических правил по всем потенциально опасным дефектам в объекте диагностики. Неоднозначность представлений диагностической модели и выраженный специализированный характер рассматриваемых учебных задач делают вопрос подбора и обоснования комплексности параметров технического состояния весьма специфическим. Анализ деятельности старшекурсников (отчеты НИРС, ВКР) проявил и глобальную тенденцию прагматизации инженерных знаний, связанную с использованием для решения технологических задач готовых профессиональных программных продуктов (например, ANSYS и др.), адаптация которых к конкретно-научным целям экспериментальных исследований «отправляет» измеряемые параметры в область случайных величин. Совершенно очевидно, что такой подход не акцентирует основного назначения диагностической модели как теоретической базы построения алгоритма исследовательских процедур. Вместе с тем, многофункциональный характер категории *диагностическая модель* позволяет говорить о возможности организации на ее основе дидактической единицы, «знакомство» с которой уже на уровне пропедевтической подготовки позволит решить задачу регламентации инженерной деятельности. Речь идет о проектировании совокупного образа диагностической модели (ДМ), имеющего общие основания для всех инженерных направлений подготовки и выступающего методологической основой проектных исследований. **Целями исследования** являются актуализация понятия, описание структуры, принципов построения и включения

в учебный процесс *диагностической модели* как базовой категории подготовки специалистов в области техники и технологий.

Материалы и методы исследования

Для реализации поставленной цели использовались методы анализа педагогических исследований в области применения практико-ориентированного подхода к организации обучения в техническом вузе, приемы классификации и обобщений научно-методических разработок по проблеме технического диагностирования инженерных систем. При разработке общей структуры и обосновании понятия ДМ используется модельно-ориентированный подход как методология целостности инженерного творчества [3, с. 191]. Для формирования внутренней структуры ДМ применена концепция научной картины мира как универсальный способ интеграции научной информации и моделирования реальности [4]. Основой проектирования принципов включения ДМ в учебный процесс выступила педагогическая технология системного синтеза политехнических дисциплин, реализующая идею конвергенции гуманитарного, естественно-научного и технического знания и названная дисциплинарной конвергенцией инженерного вуза [5].

Результаты исследования и их обсуждение

1. Построение общей структуры и актуализация понятия диагностической модели.

Необходимость актуализации обусловлена наличием противоречия между существующей практикой применения понятия ДМ и непосредственно содержанием инженерной деятельности, лежащей в основе решения исследовательских задач: физический анализ объекта, математический анализ задачи, техническая реализация. Во всех учебниках по технической диагностике постулируется необходимость описания физической сущности исследуемой конструкции как первоосновы диагностических процедур, однако под ДМ традиционно понимается только математическая модель инженерной системы, представленная в аналитической либо графической формах [6, с. 550]. Для реализации заявленной цели исследования целесообразно говорить о ДМ как о некоей обобщенной модели, отражающей существенные черты и закономерности инженерного творчества.

Для обоснования структуры проектируемой ДМ привлечена базовая идея модельно-ориентированного подхода – получение корректных результатов опытно-конструкторских работ возможно только путем объ-

единения описательных и численных моделей в связную систему. Применение принципа системности позволило раскрыть состав модели и установить основные связи между ее элементами. Системообразующим звеном в ДМ выступает физическая модель (ФМ), описывающая механизмы функциональной ориентированности инженерного объекта в общей структуре технического знания. Формализованное представление процессов, протекающих в объекте, – непосредственно математическая модель (ММ) как численный алгоритм исследовательских процедур для разрешения физической задачи. Структурно-логический анализ данного алгоритма формирует процедурный аспект выявления комплекса информативных технологических параметров (ТП), выступающих как результирующей целью построения самой диагностической модели, так и основанием подбора методов инженерного проектирования / оценки технического состояния объекта (МП). Следовательно, схему конструирования ДМ можно представить в виде следующего алгоритма: ФМ – ММ – ТП – МП. Необходимо отметить, что алгоритмизация исследовательских мероприятий формирует содержание основного принципа проектной деятельности [7]. В результате проведенного анализа предложено определение ДМ: под *диагностической моделью* будем понимать целостную структуру физико-математического описания объекта, формирующую алгоритм решения исследовательской задачи и выступающую валидной базой подбора информативных параметров технического состояния инженерных систем. Следует заметить, что такая ДМ носит характер эталонной модели, позволяющей оценивать эталонные значения технологических параметров.

2. Принципы построения внутренней структуры диагностической модели.

В качестве алгоритма, управляющего построением внутренней структуры ДМ, используется методологический аппарат концепции научной картины мира, выраженный взаимосвязанным рядом общенаучных инвариантов естествознания: *материя* (КП₁) – *движение* (КП₂) – *пространство-время* (КП₃) – *причинность/взаимодействие* (КП₄) – *закономерность* (КП₅). Данный ряд задает стандарт структуры научного знания, применение которого позволяет представить любой инженерный объект как системное образование с общим фундаментом в мегаструктуре современной науки. Для построения ДМ необходимо раскрыть каждую философскую категорию конкретно-научным пониманием свойств изучае-

мой инженерной системы (ИС), названных качественными признаками (КП).

В результате проведенного исследования сформированы следующие представления сущностного наполнения КП: КП₁ – модификация ИС; КП₂ – характер поведения ИС; КП₃ – границы исследования ИС; КП₄ – комплекс внешних силовых факторов; КП₅ – базовый концепт. Раскроем содержание каждого признака. Под модификацией ИС понимается выяснение принадлежности исследуемого объекта к определенному типу технической системы – механическая система, электротехническая система, теплотехническая система и др. Характер поведения фиксирует соответствующее состояние ИС – движение/равновесие, которое при формировании математической модели будет проявлять себя в виде специфических дифференциальных или алгебраических уравнений. Границы исследования отражают применяемый принцип методологического анализа поведения ИС, задающий уровень научности самой диагностической модели: теоретический (идеальная ИС), технико-ориентированный (реальная ИС). Внешние силовые факторы как комплекс внешних взаимодействий ИС выявляются непосредственно в результате анализа постановки самой задачи исследования. Базовый концепт фиксирует физическую теорию, описывающую процессы, протекающие в ИС, и выступающую основанием формирования математической модели задачи. Непосредственно математическая модель представляется в форме соответствующих уравнений состояния технической системы, решение которых позволяет получить уравнения рабочих процессов. Так, уравнения Ньютона характеризуют механическое движение объектов, уравнения Максвелла – электромагнетизм, уравнения Навье-Стокса – гидрогазодинамические закономерности и т.д. Анализ математических моделей формирует максимально возможную совокупность информативных технологических параметров, включающую в себя физические величины, выраженные структурными элементами функциональных алгоритмов, коэффициенты алгебраических и дифференциальных уравнений, корни характеристических уравнений и др. Тем самым показано, что исследование проявлений КП₁, КП₂, КП₃, КП₄, КП₅ в конкретной задаче позволяет организовать «эффективную» физико-математическую модель инженерной системы и многоаспектно обосновать физическую природу диагностируемых параметров. К важному выводу теоретического анализа проблем диагностики следует отнести тот факт, что для реальных объектов, где

оценка технического состояния осуществляется на базе небольшого количества контролируемых признаков, математические модели представляются в виде графов причинно-следственных связей.

3. Принципы включения категории *диагностическая модель* в образовательное пространство инженерного вуза.

Формирование представлений о диагностической модели как теоретической базе построения исследовательского алгоритма инженерных задач предлагается организовать в рамках изучения специфических дисциплин, названных дисциплинами-концентрами в парадигме междисциплинарной образовательной технологии, разработанной и включенной в процесс обучения в Политехническом институте ДВФУ [5]. Такие дисциплины выполняют функцию системообразующего звена в структуре образовательных программ и выступают в качестве точки перехода между блоком пропедевтического знания и циклом профессиональных предметов. Характерной особенностью дисциплин-концентриров является выраженная междисциплинарность предметного содержания, проявляющаяся в одновременном сочетании ядра профессиональных знаний, представленного базовой физической теорией соответствующего инженерного направления, и практико-ориентированной оболочкой, демонстрирующей приложение физических основ к решению конкретных инженерных задач. Для большинства специализаций технического вуза в качестве дисциплины-концентра выступает «Теоретическая механика» (третий учебный семестр), организация изучения которой послужила своеобразной площадкой реализации идеи включения категории ДМ в комплекс базовых дидактических единиц. «Сценарий» представления понятия ДМ ориентирован на раскрытие структуры, принципов строения и целевого назначения непосредственно на вводной лекции. Специфической особенностью вводной части предметного содержания теоретической механики является необходимость систематизации и обобщения физических основ механики (первый раздел общего курса физики) по отношению к механическим системам как инженерным объектам. Предложено представлять вводное знание путем раскрытия качественных признаков механических систем на основе диалектического ряда общенаучных инвариантов естествознания, что позволяет одновременно сформировать комплекс конкретно-научных понятий теоретической механики и многоаспектно обосновать сущностное содержание ДМ. Целевое назначение ДМ как целостного ал-

горитма решения исследовательских задач акцентируется предоставлением ориентировочной основы действий, отражающей технологию проектирования самой диагностической модели: цель решаемой задачи – построение алгоритма исследования поведения ИС; средства достижения цели – физическая модель ИС (разработка КП₁ – КП₄); расчетный инструментарий – математическая модель (разработка КП₅); непосредственно расчет – получение уравнений рабочих процессов; анализ результата – моделирование информативного комплекса параметров технического состояния ИС. Такой подход автоматически конструирует методический инструмент решения учебно-профессиональных задач на практических занятиях по дисциплине. Сформированные навыки работы с алгоритмом ДМ в рамках аудиторных занятий служат основой всеобщей формы ориентировки студентов в процессе самостоятельного выполнения инженерных расчетов.

Демонстрация возможностей диагностической модели как процедурного знания осуществлена при организации проектной деятельности студентов четвертого семестра обучения направления «Нефтегазовое дело» на базе технопарка ДВФУ «Остров науки». Ставилась задача разработки алгоритма диагностики конструкционных узлов магистральных трубопроводов (трубопроводная арматура) и выявления на этой основе наиболее информативных технологических параметров. В результате построения физической модели сконструирован обобщенный образ конструкционного узла в виде ступенчатого катка. Сформирован комплекс внешних взаимодействий и построена математическая модель, выраженная системой алгебраических уравнений, отражающих приложение теоремы Лагранжа–Дирихле и принципа подвижного равновесия Ле Шателье – Брауна к описанию устойчивого равновесия несвободного твердого тела. Анализ математического алгоритма позволил «обнаружить» базовый фактор потери устойчивости и отнести к наиболее информативным параметрам диагностики трибологические коэффициенты трения скольжения и трения качения. По итогам проекта предложены конкретные эксплуатационные решения. Подробное описание целей, задач и результатов проведенного исследования представлено в работе [8].

Заключение

Разработка и включение в процесс подготовки инженеров представлений о диагностической модели как универсальной матрице проектно-исследовательских мероприятий выступают эффективным приемом реализации принципа практической ориентированности обучения. Универсальность обеспечивается технологией построения модели посредством конкретизации общенаучных инвариантов естествознания для любого образа инженерной системы, что с наглядностью проявляет междисциплинарный характер предложенной дидактической единицы. Акцентирование обучаемых на способах обработки информации на основе обобщенных методов и приемов деятельности позволяет говорить о метапредметности данного конструкта. Включение категории *диагностическая модель* в структуру предметного знания базовых общеинженерных дисциплин может служить основанием разработки и реализации эффективной методики формирования навыков самостоятельной проектной работы студентов технических вузов.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 13 мая 2021 г. № 729 «О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030» [Электронный ресурс]. URL: government.ru/docs/all/134443/ (дата обращения: 01.04.2024).
2. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.
3. Левенчук А.И. Системное мышление. М.: Издательские решения, 2018. 440 с.
4. Рахматуллин Р.Ю. Научная картина мира как особая форма организации знания // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение // Вопросы теории и практики. 2013. № 12-2 (38). С. 166–168.
5. Штагер Е.В. Актуализация конвергентного подхода в образовательном процессе инженерного вуза // Философия образования. 2021. Т. 21, № 1. С. 7-22.
6. Бигус Г.А., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А., Галкин Д.И. Диагностика технических устройств: монография. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 615 с.
7. Шекшаева Н.Н. Проектный метод реализации подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2020. № 2 (41). С. 34-39.
8. Штагер Е.В., Храмова А.В., Мун С., Усуи С. Об одном подходе к диагностике состояния конструкционных узлов магистральных трубопроводов // European Journal of Natural History. 2023. № 1. С. 94-98.