

УДК 378.14

СТОХАСТИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА КАК ПРЕДПОСЫЛКА РАЗВИТИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ИНЖЕНЕРА: СУЩНОСТЬ, ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Чигиринская Н.В.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград,
e-mail: nvtchi@yandex.ru

Актуальность заявленной темы обусловлена необходимостью подготовки инженеров, обладающих опережающими компетенциями, способными существенно нарастить оборонный потенциал страны. Задачи инженерного проектирования сложны и многогранны и отражают противоречивость и изменчивость современного научно-технического мира. Образовательные стандарты нового поколения ФГОС ВО содержат компетенции, в которых имплицитно заявлена необходимость рассмотрения процессов и явлений технического мира с позиции дискретности и стохастичности. Стохастическая культура будущего инженера должна выстраиваться как индивидуальная личностная позиция на вероятностной основе. Особыми дидактическими возможностями для формирования стохастической компетентности, помимо классической теории вероятностей, обладает математическая теория эксперимента. Она в свернутом виде представляет как интуитивное, так и логическое мышление, дает возможность на начальном этапе моделирования отвергнуть заведомо ложные пути исследования процесса или явления, является универсальным межкультурным и межэтническим языком. Особый класс стохастических компетентностных задач позволяет формировать стохастическую компетентность на четырех уровнях, представляющих разные комбинации основных актов мышления с выходом на индивидуальную траекторию развития стохастической культуры. Современный арсенал научных и дидактических средств инженерного образования должен содержать не только классические – строго детерминированные – научные взгляды и теории, но и современные, отражающие многомерность научного познания. Их потенциал еще до конца не изучен и пока не востребован. Необходимо обращать внимание студентов на нематематические ситуации из реальной жизни, возможности их математического и интуитивного описания и исследования. Возможности современной вычислительной техники могут существенно повысить продуктивность стохастического моделирования и прогнозирования.

Ключевые слова: опережающие компетенции инженера, стохастическая культура, компетентностные вероятностные задачи, нематематические ситуации, стохастическое моделирование, планирование эксперимента

STOCHASTIC COMPETENCE OF A ENGINEERING STUDENT AS A PREREQUISITE FOR THE DEVELOPMENT OF A STOCHASTIC CULTURE OF AN ENGINEER: ESSENCE, PROBLEM OF FORMATION, PROSPECTS

Chigirinskaya N.V.

Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: nvtchi@yandex.ru.

The relevance of the stated topic is due to the need to train engineers for industrial enterprises with advanced competencies that can significantly increase the country's defense potential. The tasks of engineering design are complex and multifaceted and reflect the inconsistency and variability of the modern scientific and technological world. The educational standards of the new generation of the Federal State Educational Standard contain competencies that implicitly state the need to consider the processes and phenomena of the technical world from the perspective of discreteness and stochasticity. The stochastic culture of the future engineer should be built as an individual personal position on a probabilistic basis. In addition to the classical probability theory, the mathematical theory of experiment has special didactic possibilities for the formation of stochastic competence. It seems that the modern arsenal of scientific and didactic means of engineering education should contain not only classical strictly deterministic scientific views and theories, but also modern ones reflecting the multidimensionality of scientific knowledge. Their potential has not yet been fully explored and is not in demand. It is necessary to draw students' attention to non-mathematical situations from real life, the possibilities of their mathematical and intuitive description and research. The capabilities of modern computer technology can significantly increase the productivity of stochastic modeling and forecasting.

Keywords: advanced engineer competencies, stochastic culture, competence probabilistic tasks, non-mathematical situations, stochastic modeling, experiment planning

Динамика современного мира такова, что для успешной жизнедеятельности будущий специалист инженерного профиля должен обладать компетенциями, позволяющими эффективно, с минимальными

затратами проектировать, конструировать и производить необходимую обществу технику и технологии. Оборонно-промышленный комплекс России, являясь «генератором» креативных идей и высших

научных, технических и конструкторско-технологических достижений в области наукоемких высокотехнологичных разработок как военного, так и двойного назначения [1], нуждается в организации новых современных производств и создании высокопроизводительных рабочих мест. Высококласные специалисты должны обладать не только стержневыми профессиональными, но и опережающими компетенциями, которые повышают рыночную или потребительскую ценность за счет уникальной способности ее носителя и трудновоспроизводимы для конкурентов [2].

Одной из таких компетенций является стохастическая компетенция.

Материалы и методы исследования

Для выявления сути этой компетенции и возможности формирования у студентов технического вуза по направлению подготовки 17.05.02 были использованы положения системного подхода (И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин, В.Н. Садовский). Исследование опиралось на исследования по проблемам математического образования в вузах (Л.Д. Кудрявцев, А.Г. Мордкович, С.А. Розанова и др.).

Были привлечены разработки психологических концепций формирования стохастического мышления, которыми занимались отечественные – С.Л. Рубинштейн, М.Б. Теплов, С.В. Щербатых, С.В. Дворяткина, А.В. Добрин, А.М. Лопухин и зарубежные исследователи – Дьюи, Пиаже, Вертгеймер, Поппер, Солсо и др.

Результаты исследования и их обсуждение

Обратимся к нормативной базе – образовательному стандарту ВО [3] по специальности 17.05.02 – с целью обнаружения среди универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций тех, которые бы увязывали сущность предмета проектирования вооружения с методами математики, математической статистики и математической теории эксперимента (МТЭ):

– УК-1 – «Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий»;

– УК-10 – «Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности»;

– ОПК-2 – «Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач»;

– ОПК-10 – «Способен применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания ...»;

– ОПК-12 – «Способен качественно и количественно оценивать результаты, математически формулировать постановку задачи и результаты ее решения применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации ...»;

– ОПК-14 – «Способен моделировать и использовать известные решения в новом приложении применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации ...».

Мы сузили эти компетенции, выделив вероятностную сущность процессов и явлений (объектов инженерной деятельности). Имеется множество инженерных задач, в которых результат является неким откликом на множество случайных и закономерных событий (факторов). А также сам результат является в некотором смысле «случайным» и может рассматриваться как фактор для последующего результата. Кроме того, накопление инженерных знаний возможно только с помощью эксперимента, который далеко не всегда удается провести в реальном времени и в реальном масштабе. Не стоит забывать также и о теории измерений, где получаемые параметры не являются константами, а представляют собой случайные величины, подчиненные (или не подчиненные) законам распределения, вид которых не всегда известен.

Мы полагаем, что инженер должен обладать стохастической культурой, понимая под последней интегративное качество личности, позволяющее моделировать процессы и явления в технических и социально-экономических системах, а также выстраивать субъектную позицию на основе вероятностной оценки событий [4]. Теоретическим базисом, основой для построения дидактической системы формирования стохастической компетенции выступают положения когнитивной психологии развития вероятностно-стохастического мышления.

Поппер [5] утверждает, что мышление человека направлено на создание модели, с помощью которой происходит объяснение познаваемого объекта, а его фундаментальную основу составляет событие, позволяющее фиксировать и извлекать информацию для мира [6].

Наряду с возможностями классической теории вероятностей, являющейся начальным этапом (языком) для овладения сути и моделирования стохастических проблемных ситуаций, особо отметим ценный дидактический потенциал МТЭ, поскольку:

- позволяет свести к минимуму субъективно-интуитивный подход к организации эмпирического исследования и заменить его научно обоснованной программой проведения экспериментов, при этом субъективные оценки заменяются на достаточно надежные статистические оценки результатов на всех этапах исследования;

- позволяет «нащупать» проблемные точки исследования, не видимые глазу экспериментатора при физическом эксперименте, используя при этом достаточно минимальное количество опытов мысленного эксперимента (дробный факторный эксперимент);

- позволяет выделять наиболее существенные факторы, влияющие на процесс, оценивать их достоверность и значимость;

- позволяет формировать личностные предпосылки рационального выбора на основе верификации результата моделирования;

- позволяет развивать положения диалектики как основы научного познания, заменяя односторонний детерминированный подход многофакторным (многомерным);

- позволяет формировать у исследователя синергетическую картину познаваемого мира;

- является универсальным языком – основой межкультурной и межкультурной коммуникации;

- является пополняемым источником для цифрового компьютерного моделирования.

В отличие от чистой математики, где система постулатов образует своеобразные концепты – математические структуры в которых, согласно Бурбаки [7, 8], имплицитно все содержание математики, в планировании эксперимента, как в разделах прикладной математики, исчезают из поля зрения целостные математические структуры. Они заменяются цепочкой критериев, основанных на некоторых интуитивных ображениях. В планировании эксперимента роль аксиом играют критерии оптимальности эксперимента, которые принимаются без доказательства, их правомерность основана на личном опыте экспериментатора. Другое дело, что они, будучи сформулированными на формальном математическом языке, становятся теми исходными посылами, на которых строится вся дальнейшая

теория. В практической работе инженер-исследователь не всегда может отдать осознанное предпочтение одному из возможных критериев оптимальности. Часто приходится останавливаться на компромиссном разумном решении.

Развивая стохастическое мышление, будущий инженер предъявляет его в следующих аспектах: социально-экономический аспект обеспечивает обороноспособность государства и устойчивость развития его экономики, прикладной аспект обеспечивает удобство и безопасность использования продукта, личностно-развивающий – формирует профессиональную, гармонично развитую личность.

Представляется, что стохастическое мышление у будущего инженера занимает промежуточное положение между системно-логическим и интуитивным, поскольку сочетает в себе особенности данных двух видов, дополняя и усложняя их.

Первый уровень развития стохастического мышления [9] представляет собой еще не до конца «осознанный» носителем уровень применения методов анализа и синтеза, причем анализ превалирует над синтезом в снятом виде.

На втором уровне указанные приемы приобретают более целостный характер, вывод студента на частично-поисковую траекторию развития.

Третий уровень [9] развития связан с редупликацией методов мышления (дифференциации, интеграции, индукции и дедукции), приносящей системный эффект. На этом уровне у студента появляется рефлексия собственных исследовательских действий, выработка индивидуального стиля.

Достижение наивысшего четвертого [9] уровня обеспечивает синергия аналитико-синтетических и рефлексивных навыков мышления. Студент начинает мыслить на языке вероятностей, что проявляется в возможности выбора и усовершенствования усвоенных мыслительных стратегий, их верификации, комбинирования и создания новых стратегий.

Для данной категории студентов особенно важен третий и четвертый уровень развития стохастического мышления, поскольку профессиональные задачи, с которыми они столкнутся в дальнейшем, редко предполагают однозначное причинно-следственное описание явлений. Например, задача об определении траектории полета снаряда. Эта задача в средней школе решается на основе динамических законов. Если бы были известны точно начальная высота и скорость, гравитационные

и аэродинамические силы, действующие в полете, то можно было бы столь же точно определить и ее траекторию. В действительности же реальная траектория будет отличаться от расчетной. Инженер должен отделять случайность от причинности и выбирать критерии для подтверждения гипотезы о случайной ситуации.

Формирование стохастического мышления следует начинать с так называемых компетентностных задач, при решении которых студент должен представлять алгебру событий описывающей заданный вероятностный процесс и возможный результат. Здесь необходимо мысленно «проиграть» возможные стратегии и описать их на формально-логическом языке. Затем, применяя соответствующие теоремы теории вероятности, предварительно обосновав их выбор, найти численное решение. В зависимости от полноты рассмотрения условий опыта могут быть выбраны разные формулы (точные, локальные или интегральные). Первые четыре типа задач [10] используются для формирования стохастического мышления на начальных (первом и втором) уровнях:

1) описание события на формально-логическом языке – при известных вероятностях некоторых независимых событий требуется определить вероятности различных комбинаций исходных событий, применяя бинарные и унарные операции логической алгебры;

2) зная вероятности независимых событий, необходимо определить вероятности осуществления последовательностей исходных событий в различных комбинациях;

3) формула полной вероятности, формула Байеса – в пирамиде N винтовок, из которых K винтовок снабжены оптическим прицелом. Вероятность того, что стрелок поразит мишень при выстреле из винтовки с оптическим прицелом, равна P_1 ; для винтовки без оптического прицела равна $P_2 < P_1$. Стрелок поразил мишень из наудачу взятой винтовки. Определить, какое из двух событий – выстрел – был сделан из обычной винтовки или из винтовки с оптическим прицелом, – более вероятно;

4) независимые повторные испытания, – артиллерийская батарея произвела N выстрелов по военному объекту. Вероятность попадания в объект при одном выстреле равна P . Найти вероятность того, что объект будет разрушен, если для этого достаточно хотя бы K попаданий.

Для более общего фундаментального описания случайной величины (второй и третий уровни, задачи пятого типа) при-

меняется понятие закона распределения. Каждый опыт исчерпывающим образом характеризуется этим законом, устанавливающим связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями:

5) дискретная случайная величина, закон распределения дискретной случайной величины и ее числовые характеристики [11] – для заданной выборочной совокупностью мгновенных значений случайной величины X необходимо составить закон распределения, функцию распределения $F(X)$ и построить ее график; найти математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$ и стандартное отклонение $S(X)$; определить вероятность $P(\alpha \leq X \leq \beta)$ попадания случайной величины в заданный интервал; математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ при условии, что $Y = kX + b$.

Третий и четвертый уровень формирования стохастического мышления целесообразно проводить с применением заданий, связанных с построением стохастических моделей процесса (задачи шестого типа). Здесь реализуются все указанные выше формы мышления – от анализа и синтеза до рефлексии и верификации:

6) многофакторная регрессионная модель [11] – по заданной таблице показателей деятельности некоторого условного (или реального) предприятия построить многофакторную модель, приняв в качестве результативного признака (целевой функции) показатель «Стоимость промышленно-производственных основных фондов».

В данной задаче все признаки равноправны, поэтому можно назначать в качестве результирующего любой из них. Задача студента – самостоятельно выбрав спецификацию многофакторной модели, добиться наилучшей сходимости и адекватности. В этой задаче студент может продемонстрировать способности дифференцировать случайность и причинность (выбор целевой функции и факторов), способности сочетания интуиции и методов дедукции и индукции (выбор формальных критериев значимости факторов, проверка модели на адекватность), принимать решение в ситуации с высокой степенью неопределенности.

Вообще, говоря о влиянии МТЭ на формирование стохастической компетентности, следует отметить, что эта дисциплина имеет свое методологическое содержание, связанное с особенностями физического представления об эксперименте: планирование экстремальных экспериментов – это не только поиск оптимума при заданных количественных ограничениях, но и поиск

хорошего эксперимента для решения экстремальных задач.

Как следует из приведенной иерархии задач, индивидуальная система интеллектуальных приемов и стратегий студента обеспечивает не только прямое применение математических методов статистики и теории вероятностей, но и опираясь на возможности МТЭ способствует интеграции логического и интуитивного типов мышления, а также качественного обогащения мыслительных операций. Это, в свою очередь, является предпосылкой становления у будущего инженера стохастической культуры как интегративного качества личности.

Выводы

Таким образом, проведенный теоретический и праксеологический анализ дидактических тенденций по формированию стохастической компетентности позволил установить, что:

Для успешного проектирования и функционирования сложных технических систем в инженерном понимании необходимо переходить от жестко детерминированных моделей, построенных на классических законах физики и механики к стохастически-вероятностным.

На разных этапах обучения математики будущего инженера необходимо обучить особому языку – стохастическому.

Конкретные задачи должны строиться на внематематических ситуациях и выражать субъектную позицию студента.

Дидактический потенциал статистического детерминизма должен отражать технологию формирования в виде содержательных, процессуальных и нормативных актов.

Список литературы

1. Сидорин А.В., Сидорин В.В. Система формирования кадрового потенциала высокотехнологичных отраслей промышленности на основе кластерного подхода // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 1. URL: <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-1-13> (дата обращения: 17.02.2022).
2. Чигиринская Н.В. Создание единой региональной образовательной системы как ответ на вызовы глобализации // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. № 14 (131). С. 129–135.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие». Система ГАРАНТ, 2020. 13 с. [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/fgosvo/downloads?f=%2Fuploadfiles%2FFGOS+VO+3%2B%2B%2FSpec%2F170502_C_3_18062021.pdf&id=2043 (дата обращения: 17.02.2022).
4. Чигиринская Н.В. Общие принципы конструирования когерентно-стохастических учебных задач как средства развития стохастической культуры студентов технического вуза // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26139> (дата обращения: 17.02.2022).
5. Поппер Карл. Логика научного исследования. М.: Прогресс, 1983. 605 с.
6. Добрин А.В., Лопухин А.М. Содержательные характеристики вероятностного стиля мышления: теоретические основы исследования // Психология образования в поликультурном пространстве. 2019. № 2 (46). С. 32–48.
7. Бурбаки Н. Архитектура математики: приложение к книге «Очерки по истории математики. Пер. с франц. М.: ИЛ, 1963. 245 с.
8. Налимов В.В., Голикова Т.Н. Логические основания планирования эксперимента. М.: Металлургия, 1980. 152 с.
9. Патронова Н.Н., Тепляков В.В. Реализация технологии развивающего обучения теории вероятностей в педагогическом вузе // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9600> (дата обращения: 17.02.2022).
10. Большакова Л.В. Теория вероятностей для экономистов. М.: Финансы и статистика, 2013. 208 с.
11. Чигиринская Н.В., Чигиринский Ю.Л., Горобцов А.С. Моделирование неперiodических стохастических процессов: учебно-методическое пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2019. 108 с.