

УДК 621.311,378.147

КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Егоров Александр Олегович¹,

кандидат технических наук, доцент,
a.o.egorov@urfu.ru

Королёв Артём Сергеевич²,

директор,
korolev@fondsmena.ru

Куликов Юрий Алексеевич³,

кандидат технических наук,
kulikov.y@so-ups.ru

Москвин Илья Александрович³,

кандидат технических наук,
moskvin-ia@so-ups.ru

¹ Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Россия, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19.

² Благотворительный Фонд «Надёжная смена», 109074, Россия, Москва, ул. Славянская площадь, д. 2/5 стр. 5.

³ Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы», 109074, Россия, Москва, ул. Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3.

В статье рассмотрен опыт применения кейс-технологий в инженерном образовании для подготовки специалистов электроэнергетической отрасли. Предложено дополнение образовательных процессов вузов мероприятиями, направленными на личностное развитие будущего инженера, его коммуникации, воспитание и привитие ему навыков и умений решать нестандартные, нетиповые практические задачи. Обозначена область применения кейс-технологий в учебном процессе, которые хорошо показывают себя в области поиска оптимальных решений и играют существенную роль в развитии «мягких» навыков (soft-skills). Изложены примеры подхода к организации кейс-чемпионата как интеллектуального соревнования, позволяющего объединить интересы студента, вуза, работодателя, отрасли и государства. В России с 2014 года организовано проведение международного кейс-чемпионата Case-in, направленного на подготовку кадрового резерва топливно-энергетического и минерально-сырьевого комплексов России. Чемпионат является эффективным инструментом передачи студентам – будущим инженерам отрасли практических знаний и опыта наставников (экспертов энергокомпаний), стимулирует у студентов научно-технический интерес, повышение мотивации, ответственности и осознанности за принимаемые решения.

Ключевые слова: Отбор и подготовка студентов вузов, кейс, кейс-чемпионат, интеллектуальные соревнования, кадровый резерв, подготовка специалистов для электроэнергетической отрасли

Введение

Эффективность инженерного образования обсуждается во всем мире [1]. Работодатели критикуют инженерное образование за его излишнюю теоретизацию в области математики, естественных и технических наук, и недостаточности подготовки к реальной практике, требующей навыков проектирования, управления и коммуникации. В процессе подготовки будущих инженеров важна не только передача студентам предметных знаний, но и формирование у них личностных и межличностных компетенций, навыков работы в команде – переход на личностно-ориентированные технологии.

В России ощущается острая нехватка инженерных кадров, в том числе в такой наукоемкой инфраструктурной отрасли, как электроэнергетика [2]. Подготовка студентов по учебным планам бакалавриата и магистратуры в технических вузах не могут в полной мере обеспечить качественную подготовку инженеров, эта подготовка требует значительного повышения ее финансирования, оснащения, индивидуального подхода к студенту, увеличения штата преподавателей, повышения их роли и статуса, применения в образовательном процессе современных технологий [3].

При переходе современного образования на личностно-ориентированные технологии, отвечающие требованиям работодателей, возникает необходимость пересмотра основных принципов учебного процесса.

Личностно-ориентированный подход ориентирован не только и не столько на передачу информации и знаний преподавателя студенту, сколько на анализ и оценку различных ситуаций, нахождение путей их решения, разработку вариантов выхода из рассматриваемых ситуаций на базе полученных знаний, на умение поставить и решить задачу в условиях ограниченного наличия или полного отсутствия информации.

Для этого необходимы такие образовательные технологии, которые помогли бы студенту актуализировать полученные теоретические знания, объективно оценивать реальную ситуацию, выделять проблему с учетом имеющихся ресурсов, ограничений, угроз и рисков. Для этих целей как нельзя лучше подходит метод активного проблемно-ситуационного анализа, основанный на обучении путем решения конкретных задач в различных конкретных ситуациях или case-study – метод.

Целью метода является анализ ситуации совместными усилиями группы участников, которая должна выработать практическое решение, предложить алгоритмы и выбрать лучший из них в контексте поставленной проблемы.

Метод является сложной информационной системой, в которую интегрированы более простые методы познания: умозрительная работа, моделирование, системный анализ и синтез, проблемный метод, мыслительный эксперимент, методы описания, классификации, игровые методы, активное и пассивное познание и т. д.

I. История

Первым инициатором метода был французский инженер, социолог и экономист Пьер Гийом Фредерик Лё Плэй (Pierre Guillaume Frédéric Le Play), который впервые ввел метод case-study в социальную науку в 1829 году в качестве статистического метода исследования семейных бюджетов. Несмотря на то, что Лё Плэй преподавал в школе горных инженеров (Ecole de Mines) в Париже, метод не был востребован инженерной школой, а нашел свое применение в социологии, экономике, бизнесе.

На первом этапе развития это был исследовательский метод, затем он нашел применение в образовании. Впервые метод case-study

был применен в учебном процессе в школе права Гарвардского университета в 1870 году, а внедрение началось в Гарвардской школе бизнеса в 1920 году [4, 5].

В современном образовании идет активный поиск инновационных образовательных технологий. Метод «case-study» находит широкое применение в педагогике, психологии, других социально-гуманитарных дисциплинах. Он применяется в учебном процессе средних школ, вузов, институтов профессиональной переподготовки и повышения квалификации, как в России, так и за рубежом. Метод встраивается в образовательные технологии, позволяя повысить эффективность и результативность учебного процесса. Он хорошо сочетается с лекционным материалом вуза, может находиться в контексте конкретной темы. Междисциплинарный характер метода позволяет широко использовать эту технологию, формируя у обучаемых самостоятельность и инициативность, умение ориентироваться в широком спектре вопросов, связанных с профессиональной деятельностью.

В подготовке инженеров-электроэнергетиков кейс-технология в учебном процессе не использовалась из-за сложности математического аппарата задач электродинамики и электротехники, сложных математических моделей, объемных расчетов режимов энергосистемы и других специфических особенностей инженерной деятельности в области электроэнергетики. Но, начиная с 2014 года усилиями сотрудников АО «СО ЕЭС» и Благотворительного фонда «Надежная смена» технология «case-study» начала применяться в вузах-партнерах Системного оператора для подготовки студентов-электроэнергетиков.

II. Электроэнергетика как отрасль-работодатель выпускников технических вузов

Электроэнергетика как объект изучения и подготовки кадров высшей квалификации в технических вузах характеризуется рядом особенностей, влияющих на учебный процесс.

1. *Сложность технической системы производства, преобразования, передачи, распределения и потребления электрической энергии.* Единая электроэнергетическая система (ЕЭС) России, например, является одной из наиболее крупных в мире. В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит 805 электростанций мощностью

- свыше 5 МВт. На 1 января 2019 года общая установленная мощность электростанций ЭЭС России составила 243 243,2 МВт [6]. Ежегодно все электростанции вырабатывают около 1 трлн кВт·ч электроэнергии. Электросетевой комплекс ЭЭС России насчитывает более 10 700 линий электропередач класса напряжения 110–1150 кВт общей длиной более 2,3 млн км, 496 тыс. подстанций трансформаторной мощностью более 773 тыс. МВА [7]. Характерной особенностью ЭЭС России как объекта управления, является то, что в силу большой географической протяженности и удаленности центров генерации от центров потребления, ЭЭС России представляет собой энергообъединение с межсистемными связями большой протяженности с ограниченной пропускной способностью, что усложняет управление как нормальными, так и аварийными режимами энергосистемы.
2. *Управление режимами ЭЭС России* осуществляется на базе расчетов и анализа нормальных и аварийных режимов ЭЭС. Исторически анализ режимов проводился на базе статических моделей – расчетных столов переменного и постоянного тока, аналоговых вычислительных машин, электродинамических моделей. В настоящее время основным видом моделирования электроэнергетической системы является математическое моделирование. Математические модели реализованы в программно-вычислительных комплексах расчета нормальных и аварийных режимов и характеризуются очень большой размерностью. Сокращение размерности посредством эквивалентирования часто меняет свойства электроэнергетической системы и создает ложное представление о происходящих в ней процессах. Расчеты и анализ режимов ЭЭС России проводится высококвалифицированными специалистами Системного оператора, проектных и научно-исследовательских организаций и непосильны студентам, работающим над решением кейса 10 дней.
 3. *Программно-вычислительные комплексы (ПВК) расчета нормальных и переходных режимов* требуют длительного времени для подготовки и отладки расчетных моделей, которые отличаются большими размерностями даже для отдельных энергосистем в составе ЭЭС России. Примером ПВК расчета нормальных режимов служит RastrWin, ориентированный на эквивалентирование

электрических систем, расчет и оптимизацию установившихся режимов больших энергосистем. Токи КЗ рассчитываются с помощью ПВК АРМ СРЗА, динамическую устойчивость режимов энергосистемы рассчитывают с помощью ПВК EUROSTAG.

III. Особенности кейс-технологии в инженерном образовании на примере студенческой лиги Международного инженерного чемпионата «Case-in», направление по электроэнергетике (www.case-in.ru)

Специфика отраслей промышленности, для которых готовятся технические специалисты высокой квалификации определяет следующие существенные особенности применения кейс-технологии в инженерном образовании.

1. *Соревновательная форма реализации кейс-технологии.* В ходе соревнования студенческим командам необходимо за ограниченное время (как правило, за 7–10 дней) решить инженерный кейс, актуальный в данной области, и защитить своё решение перед экспертной комиссией, состоящей из представителей отраслевых компаний, научных и образовательных организаций.
2. *Вовлечение в участие в кейс-чемпионатах большого количества участников.* Очный, отборочный этап охватывает более 50 технических вузов России и ближнего зарубежья.
3. *Актуальность тем и задач, решаемых участниками чемпионата.* С целью повышения мотивации участников при разработке кейсов находятся производственные задачи, связанные с текущей деятельностью электроэнергетических организаций. Некоторые темы кейс-чемпионатов 2014–2018 годов:
 - Развитие энергетической системы Республики Крым;
 - Схема внешнего электроснабжения магистрального газопровода «Сила Сибири»;
 - Азиатское электроэнергетическое объединение;
 - Система электроснабжения завода по производству сжиженного природного газа «Ямал-СПГ»;
 - Инновационные направления развития электроэнергетики России;
4. *Сложность задач моделирования электроэнергетических систем, планирования, расчетов нормальных и переходных режимов* приводит к необходимости отказа при ре-

шении кейса от трудоемких расчетов, оставляя время на поиск и анализ информации, анализ текущих и перспективных ситуаций и поиск оптимальных решений. Не все технические университеты, участвующие в отборочных этапах чемпионатов «CASE-IN» имеют доступ к упомянутым выше ПВК, поэтому при разработке кейса расчеты режимов ЕЭС России или ее отдельных энергосистем признаны нецелесообразными.

5. *Отраслевая поддержка подготовки инженерных кадров*, одним из элементов которой являются кейс-чемпионаты. В области электроэнергетики это АО «Системный оператор Единой энергосистемы», оказывающий как материальную, так и методическую поддержку Фонду «Надежная смена» при организации кейс-чемпионатов.

Выводы

1. Фонд «Надежная смена» решил новую задачу применения кейс-технологии в подготовке инженерных кадров путем ее перевода в форму интеллектуального соревнования. Для повышения мотивации участников организован Международный инженерный чемпионат «Case-in» среди технических университетов не только Российской Федерации, но и ряда зарубежных стран. Чемпионат является эффективным инструментом передачи будущим инженерам практических знаний, опыта и новых компетенций.
2. Электроэнергетика как отрасль-работодатель выпускников технических вузов характеризуется большим разнообразием как силовых элементов, так и сложных систем автоматики и телеуправления. Характерной особенностью ЕЭС России как объ-

екта управления, является то, что в силу большой географической протяженности и удаленности центров генерации от центров потребления, ЕЭС России представляет собой энергообъединение с межсистемными связями большой протяженности с ограниченной пропускной способностью, что усложняет расчеты как нормальных, так и аварийных режимов, планирование и управление режимами.

3. Соревновательная форма реализации кейс-технологии в форме Международного инженерного чемпионата «Case-in» повышает мотивацию участников. Кроме того, при разработке кейсов находятся актуальные задачи, связанные с текущей деятельностью электроэнергетических организаций.
4. Работа команд в процессе решения кейса организована таким образом, что участники не тратят время на выполнение сложных расчетов нормальных и переходных режимов, а сосредотачиваются на поиске и анализе информации, анализе текущих и перспективных ситуаций и поиске оптимальных решений.
5. Case-study – метод, адаптированный для целей подготовки кадров высшей квалификации в области электроэнергетики, является важным дополнением к классическому вузовскому образованию, который позволяет, не вдаваясь в детали (например, расчеты установившихся режимов, статической и динамической устойчивости) погружать участников чемпионата в специфику производственных задач электроэнергетических компаний, развивая так называемые «soft skills» («мягкие» навыки), наличие которых сегодня необходимо для работы в любой организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кроули Э.Ф., Малмквист Й., Остлунд С., Бродер Д.Р., Эдстрем К. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. – 504 с.
2. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Проблемы инженерного образования в электроэнергетике и электротехнике – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2014. – 98 с.
3. Бартоломей П.И. Электроэнергетике России – новое инженерное образование // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2015. – № 1 (28). – С. 10–15.
4. David A. Garvin Making the Case: Professional Education for the World of Practice // Harvard Magazine. – 2003. – № 107. – P. 56–65.
5. Королев А.С., Куликов Ю.А. «Case-study» метод и его применение в подготовке инженеров-электроэнергетиков в России // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2018. – № 2 (47). – С. 140–145.
6. Системный оператор единой энергосистемы. Официальный сайт. URL: <https://www.so-ups.ru/index.php?id=ees> (дата обращения: 12.10.2019)
7. Россети. Официальный сайт. URL: <https://www.rosseti.ru/> (дата обращения: 12.10.2019)

Дата поступления: 15.10.2019 г.

UDC 621.311, 378.147

CASE-TECHNOLOGY IN ENGINEERING ELECTRIC POWER EDUCATION

Aleksandr O. Egorov¹,
associate professor, Cand. Sc.,
a.o.egorov@urfu.ru

Artem S. Korolev²,
director,
korolev@fondsmena.ru

Yuriy A. Kulikov³,
Cand. Sc., leading expert,
kulikov.y@so-ups.ru

Ilya A. Moskvina³,
Cand. Sc., leading expert,
moskvina-ia@so-ups.ru

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
19, Mira str., Yekaterinburg, 620002, Russia.

² Charity fund «Nadezhnaya smena»,
build. 5, 2/5, Slavyanskaya Square, Moscow, 109074, Russia.

³ «System operator of the United Power System» Joint-stock Company,
build. 3, 7, Kitaygorodskiy Proezd, Moscow, 109074, Russia.

The article discusses the experience of using case-methodology in engineering education for training specialists in the power systems industry. It is proposed to supplement the educational processes of universities with activities aimed at the personal development of the future engineers, his communication, education and instilling in him skills and abilities to solve non-standard, atypical practical problems. The application field of case-methodology in the educational process, which show themselves well in the field of searching for optimal solutions, play a significant role in the development of soft skills. Examples of the approach to organizing a Case-in championship as an intellectual competition are presented, which allows combining the interests of a student, university, employer, industry and state. Since 2014, the Case-in international championship has been organized in Russia, aimed to training the personnel reserve of the Russian energy and mineral resources complexes. The championship is an effective tool for transferring to students – future engineers of the industry, the practical knowledge and experience of mentors (experts of energy companies), stimulates students' scientific and technical interest, increasing motivation, responsibility and awareness for them decisions made.

Keywords: university students selection, case-study, intellectual competitions, personnel reserve, training specialists for the power systems industry.

REFERENCES

1. Krouli E.F., Malmkvist Y., Ostlund S., Broder D.R., Edstrem K. *Pereosmysleniye inzhenernogo obrazovaniya. Podkhod CDIO* [Rethinking engineering education. CDIO Approach]. Moscow, Higher School of Economics Publ., 2015, 504 p.
2. Dyakov A.F., Platonov V.V. *Problemy inzhenernogo obrazovaniya v elektroenergetike i elektrotekhnike* [Problems of engineering education in the electric power industry and electrical engineering]. Moscow, NTF «Energoprogress», 2014, 98 p.
3. Bartolomey P.I. Elektroenergetike Rossii – novoye inzhenernoye obrazovaniye [Electricity in Russia – a new engineering education]. *Elektroenergiya. Peredacha i raspredeleniye*. 2015, no. 1 (28), pp. 10–15.
4. David A. Garvin Making the Case: Professional Education for the World of Practice. *Harvard Magazine*. 2003, no. 107, pp. 56–65.
5. Korolev A.S., Kulikov Yu.A. «Case-study» metod i yego primeneniye v podgotovke inzhenerov-elektroenergetikov v Rossii [“Case-study” method and its application in the training of electric power engineers in Russia]. *Elektroenergiya. Peredacha i raspredeleniye*. 2018, no. 2 (47), pp. 140–145.
6. *Sistemnyy operator yedinoy energosistemy. Ofitsialnyy sayt* [System operator of a unified power system. Official site]. Available at: <https://www.so-ups.ru/index.php?id=ees> (accessed 12.10.2019).
7. *Rosseti. Ofitsialnyy sayt* [Rosseti. Official site]. Available at: <https://www.rosseti.ru/> (accessed 12.10.2019).

Received: 15.10.2019 г.