

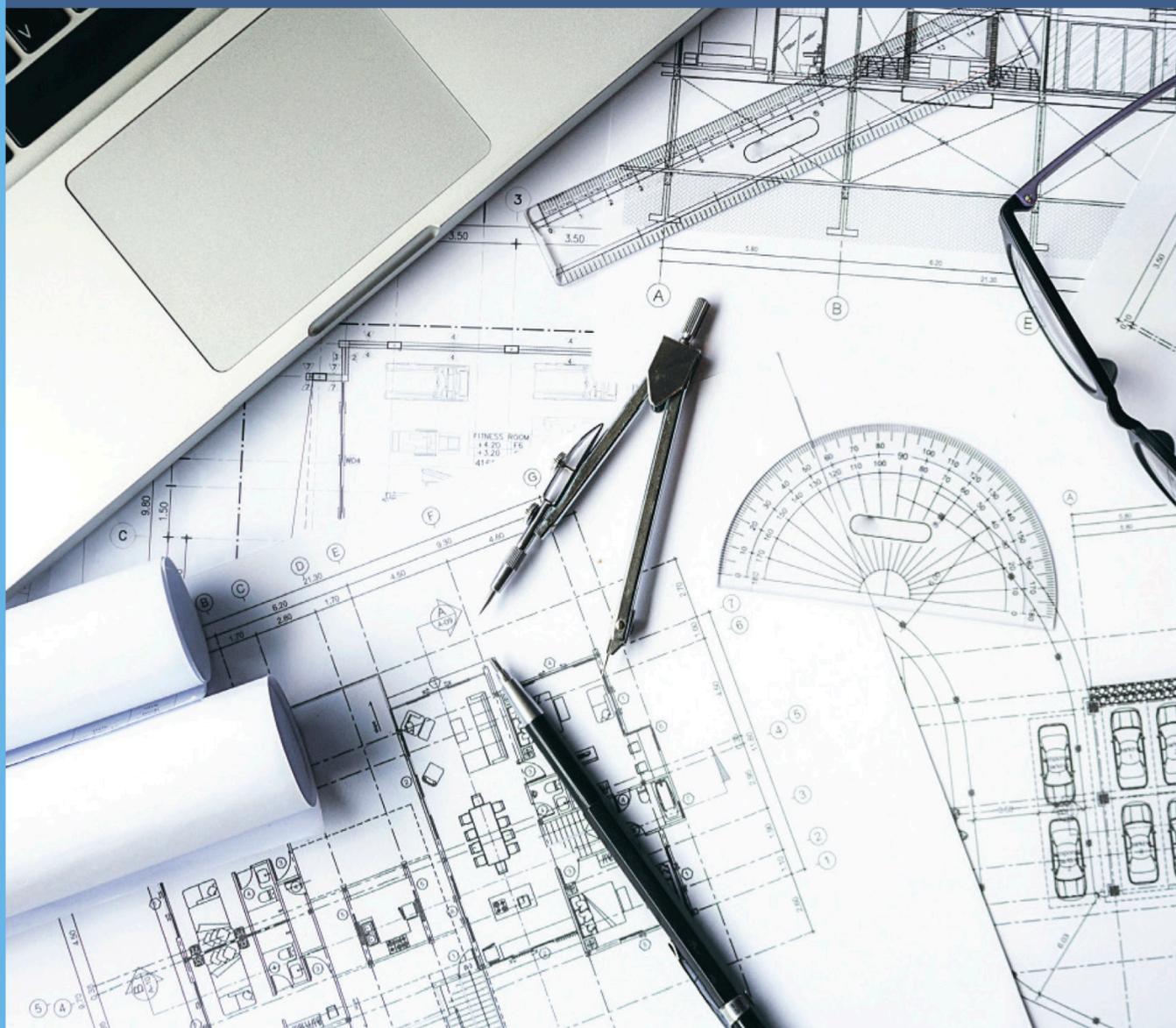
ПРОФЕССОРСКИЙ ЖУРНАЛ. СЕРИЯ:

ТЕХНИЧЕСКИЕ

НАУКИ



№ 1 (6) 2023



ПРОФЕССОРСКИЙ ЖУРНАЛ «Технические науки» № 1 (6) 2023

*Информация о Редакционном совете и Редакционной коллегии
Профессорского журнала Серия: Технические науки*

Тихомиров Георгий Валентинович, НИЯУ МИФИ, главный редактор, gvtikhomirov@mephi.ru
Ивановский Владимир Николаевич, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, зав. кафедрой машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности, д.т.н., профессор; ivanovskiyvn@yandex.ru
Оскорбин Николай Михайлович, Алтайский государственный университет, профессор кафедры теоретической кибернетики и прикладной автоматки, д.т.н., профессор, член ред.совета «Вестник НГУ», osk46@mail.ru
Сидняев Николай Иванович, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор, sidnyaev@yandex.ru
Федоров Олег Васильевич, Нижегородский государственный технический университет, профессор кафедры, д.т.н., профессор, fov52@mail.ru
Афанасьева Татьяна Васильевна, Ульяновский государственный технический университет, профессор кафедры, д.т.н., профессор, tv.afanasjeva@gmail.com
Сидняев Николай Иванович, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор, sidnyaev@yandex.ru
Бурянина Надежда Сергеевна, Северо-Восточный федеральный университет, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор, bns2005_56@mail.ru
Семушин Иннокентий Васильевич, Ульяновский государственный университет, профессор кафедры, д.т.н., профессор, kentvsem@gmail.com
Воронов Михаил Владимирович, Псковский государственный университет, профессор кафедры, д.т.н., профессор, mivoronov@yandex.ru
Мещеряков Виктор Николаевич, Липецкий государственный технический университет, заведующий кафедрой электропривода, д.т.н., профессор, mesherek@yandex.ru
Панов Юрий Терентьевич, Владимирский государственный университет А.Г. и Н.Г. Столетовых, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор, tpp_vlgu@mail.ru
Фокин Сергей Владимирович, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, профессор кафедры, д.т.н., профессор, feht@mail.ru
Бадалян Норайр Петикович, Владимирский государственный университет А.Г. и Н.Г. Столетовых, заведующий кафедрой электротехники и электроэнергетики, д.т.н., norayrbadalyan@mail.ru
Лагереv Игорь Александрович, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, проректор по инновационной работе, д.т.н., lagerev-bgu@yandex.ru
Краснянский Михаил Николаевич, Тамбовский государственный технический университет, ректор, д.т.н., профессор, tstu@admin.tstu.ru
Муромцев Дмитрий Юрьевич, Тамбовский государственный технический университет, проректор по научно-инновационной деятельности, д.т.н., postmaster@nauka.tstu.ru
Шкатов Валерий Викторович, Липецкий государственный технический университет, профессор кафедры, д.т.н., shkatov@mail.ru
Швецов Анатолий Николаевич, Вологодский государственный университет, профессор кафедры Информационных систем и технологий, д.т.н., профессор, smithv@mail.ru
Мальшенко Юрий Вениаминович, Российская таможенная академия (Владивостокский филиал), профессор кафедры, д.т.н., профессор, mal777@mail.ru
Стенников Валерий Алексеевич, Институт систем энергетики им. Л.А Мелентьева СО РАН, директор, д.т.н., профессор, sva@isem.irk.ru
Гергель Виктор Павлович, Нижегородский национальный исследовательский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, заведующий кафедрой программной инженерии, д.т.н., профессор, gergel@unn.ru

Контакты редакционной коллегии

«Профессорского журнала»

Серия: Технические науки»:

3354000, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31;

E-mail: redactor@profsobranie.ru

Главный редактор «Профессорского журнала»

Серия: Технические науки»:

доктор технических наук, профессор

Тихомиров Георгий Валентинович

Учредитель

Общество с ограниченной ответственностью

«Издательская группа «Юрист»

(115035, г. Москва, Космодамианская набережная 26/55, стр. 7)

Общероссийская общественная организация

«Российское профессорское собрание»

(115035, г. Москва, Космодамианская набережная 26/55, стр. 7)

Некоммерческое партнерство

«Образовательный консорциум Среднерусский университет»

(248600, Калужская область, г. Калуга, ул. Гагарина, д.1)

Издатель: Общероссийская общественная организация «Российское профессорское собрание»

(115035, г. Москва, Космодамианская набережная 26/55, стр. 7)

Подписан в печать: 07.05.2024. Дата выхода в свет: 23.05.2024.

Обжерин Юрий Евгеньевич, Севастопольский государственный университет, профессор кафедры, д.т.н., профессор, objsev@mail.ru

Еремеев Александр Павлович, НИУ Московский энергетический институт (МЭИ), заведующий кафедрой Прикладной математики, д.т.н., профессор, eremeev@appmat.ru

Афонин Игорь Леонидович, Севастопольский государственный университет, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации», д.т.н., профессор, igor_afonin@inbox.ru

Лозбинец Федор Юрьевич, Брянский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы, заведующий кафедрой, д.т.н. профессор, flozbinev@yandex.ru

Гордон Владимир Александрович, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, заведующий кафедрой высшей математики, д.т.н. профессор; gordon@osto.ru

Юдин Сергей Владимирович, Тульский филиал Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, профессор кафедры, д.т.н., профессор, svjudin@rambler.ru

Красильщиков Михаил Наумович, Национальный исследовательский Университет «Московский Авиационный Институт», профессор кафедры, д.т.н., профессор, mnr@mail.ru

Евдокименков Вениамин Николаевич, Национальный исследовательский Университет «Московский Авиационный Институт», заведующий кафедрой «Информационно-управляющие комплексы», д.т.н., профессор, evn@netland.ru

Ляпунцова Елена Вячеславовна, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, профессор кафедры, д.т.н., профессор, lev77@me.com

Царегородцев Анатолий Валерьевич, Московский государственный лингвистический университет, декан факультета, д.т.н., avtsaregorodtsev@linguanet.ru

Сметанина Ольга Николаевна, Уфимский государственный авиационный технический университет, профессор кафедры, д.т.н., smoljushka@mail.ru

Кудряшов Евгений Алексеевич, АО «Научно-исследовательский инженерный институт», помощник директора, д.т.н., kea-swsu@mail.ru

Модорский Владимир Яковлевич, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, профессор кафедры, д.т.н., профессор, modorsky@mail.ru

Дмитриев Сергей Михайлович, Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, ректор, д.т.н., rektorat@nntu.ru

Воротынцев Владимир Михайлович, Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, Заведующий кафедрой «Нанотехнологии и биотехнологии», д.х.н., профессор, vlad@vorotykn.nnov.ru

Жуков Анатолий Васильевич, Дальневосточный федеральный университет, профессор кафедры, д.т.н., профессор, yul25juk@mail.ru

Ловцов Дмитрий Анатольевич, Институт точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева Российской академии наук, заместитель генерального директора по научной работе, д.т.н., dal-1206@mail.ru

Сушкова Людмила Тихоновна, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, заведующая кафедрой, д.т.н., профессор, ludm@vlsu.ru

Юханов Юрий Владимирович, Южный федеральный университет, заведующая кафедрой, д.т.н., профессор, yu_yukhanov@mail.ru

Смелик Виктор Александрович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, проректор по научной работе, д.т.н., smelik_va@mail.ru

Карминская Татьяна Дмитриевна, Югорский государственный университет, ректор, к.т.н., доцент, rector@ugrasu.ru

Гуляев Павел Юрьевич, Югорский государственный университет, ведущий научный сотрудник кафедры физики и общетехнических дисциплин, p_gulyaev@ugrasu.ru

Рыбина Галина Валентиновна, Национальный исследовательский ядерный университет, «МИФИ» (НИЯУ МИФИ), профессора кафедры кибернетики, д.т.н., профессор, galina@ailab.mephi.ru

Шкатов Валерий Викторович, Липецкий государственный технический университет, профессор кафедры физического металловедения, shkatov@mail.ru

Красновский Александр Николаевич, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», заведующий кафедрой композиционных материалов, д.т.н., al.krasnovskii@stankin.ru

Еремин Евгений Николаевич, Омский государственный технический университет, декан машиностроительного института, д.т.н., профессор, weld_techn@mail.ru

Немировский Александр Емельянович, Вологодский Государственный Университет, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор, a.e.nemirovsky@mail.ru

Ответственный редактор **Троицкая Екатерина Михайловна**

СОДЕРЖАНИЕ

**Барбашина Наталья Сергеевна,
Тихомиров Георгий Валентинович,
Шевченко Владимир Игоревич**
Лучшие практики Передовых инженерных школ..... 4

**Карулин Владимир Петрович,
Сытняк Юрий Анатольевич,
Аляева Юлия Владимировна**
Системные механизмы оценки эффективности
деятельности передовых инженерных школ
по основным образовательным и технологическим
направлениям..... 22

**Карулин Владимир Петрович,
Аляева Юлия Владимировна**
Оценка результативности деятельности
передовых инженерных школ и их вклада
в достижение уровня установленных
характеристик (показателей) федерального
проекта «Передовые инженерные школы» 36

ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ

DOI: 10.18572/2686-8598-2023-6-1-4-21

**Барбашина Наталья Сергеевна,
Тихомиров Георгий Валентинович,
Шевченко Владимир Игоревич**

***Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)***

Каширское шоссе д.31, г. Москва, Российская Федерация

E-mail: GVTikhomirov@mephi.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы деятельности Передовых инженерных школ (ПИШ), созданных в 2022 году в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы». Проведен анализ современных тенденций в инженерной подготовке. Выделены направления работ, в которых ПИШ должны развивать в рамках своей деятельности. По каждому направлению приведено описание некоторых кейсов ПИШ, претендующих на образцы «лучших» практик инженерной подготовки.

Ключевые слова: Федеральный проект «Передовые инженерные школы», инженерное образование, образовательные технологии, специальные образовательные пространства, лучшие практики.

ВВЕДЕНИЕ

О необходимость модернизации инженерной подготовки говорить на всех уровнях власти и университетского сообщества уже много лет. Актуальность пересмотра подходов к формированию инженерных компетенций связана, прежде всего, появлением новых производственных технологий и бурным развитием вычислительной техники и информационных технологий. Важным шагом к перезагрузке инженерного образования в Российской Федерации стал федеральный проект «Передовые инженерные школы», который стартовал в 2022 году и будет реализовываться до 2030 года. Правила отбора и основные требования к ПИШ изложены в постановлении Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2022 г. № 619 «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ». В 2022 году на конкурсной основе были отобраны 30 ПИШ из 89 претендентов в ведущих технических университетах России, еще 10 ПИШ из 58 претендентов отобраны в 2023 году. Основной особенностью ФП ПИШ от других проектов, нацеленных на развитие ведущих университетов: 5-100 и Приоритет-2030, является активное участие в Проекте индустриальных партнеров. В качестве индустриальных партнеров ПИШ выступили практически все ведущие государственные корпорации и ведущие индустриальные компании России.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОП ПИШ

Целями федерального проекта «Передовые инженерные школы» являются [1]:

- трансформация системы подготовки инженерных кадров под запросы ведущих высокотехнологичных компаний;
- создание в ведущих университетах страны 30 новых подразделений, в которых будут разрабатываться и апробироваться инновационные подходы к подготовке элитных инженерных кадров с активным участием промышленных партнеров;
- масштабное повышение квалификации преподавательского состава и действующих инженеров в высокотехнологичном бизнесе и привлечение действующих инженеров-практиков к преподаванию в инженерных школах нового поколения;
- тиражирование лучших образовательных практик и форматов взаимодействия с промышленными партнерами в образовательное пространство Российской Федерации.

Учредителями университетов-победителей являются четыре федеральных министерства. На данный момент более 200 промышленных партнеров поддерживают ОП ПИШ. Среди ключевых высокотехнологичных компаний — промышленных партнеров ОП ПИШ такие, как:

- Государственная корпорация «Росатом»;
- Государственная корпорация «Роскосмос»;
- Объединенная приборостроительная корпорация «Ростех»;
- Российская компания «Газпром нефть»;
- Объединенная авиастроительная корпорация;
- Объединенная двигателестроительная корпорация;
- Российская компания «Камаз»;
- АО «Сибagro»;
- ПАО «Сибур Холдинг» и др.

Обучение в ОП ПИШ направлено на подготовку квалифицированных инженерных кадров по сквозным технологиям цифровой экономики и приоритетным направлениям развития техники и технологий.

Перед передовыми инженерными школами стоят две взаимосвязанные задачи: создание нового типа инженерной подготовки, а также осуществления прорывных разработок и исследований в интересах высокотехнологичных промышленных партнеров, при участии которых эти школы были созданы. Концепция передовой инженерной школы направлена на то, чтобы изменить саму модель образования в соответствии с запросами времени и обеспечить создание новой инженерно-образовательной среды, построенной вокруг реализации комплексных промышленных проектов, что позволит сформировать новую генерацию инженеров мирового уровня, которые в долгосрочной перспективе обеспечат технологический паритет России.

Ключевые показатели результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» к 2030 году:

- 40 тыс. выпускников передовых инженерных школ, включая прошедших дополнительную подготовку и переподготовку по актуальным научно-технологическим направлениям и сквозным цифровым технологиям, придут работать в высокотехнологичные компании и предприятия;

— 10 тыс. инженеров пройдут переподготовку в передовых инженерных школах на базе цифровых, умных, виртуальных / киберфизических фабрик, современных учебных комплексов, высокотехнологичного оборудования, высокопроизводительных вычислительных систем и специализированного программного обеспечения;

— 100 технических вузов будут использовать наработки, лучшие практики передовых инженерных школ для подготовки и переподготовки инженеров;

— 12,9 тыс. преподавателей пройдут повышение квалификации, переподготовку и стажировку с использованием ресурсов высокотехнологичных компаний и передовых инженерных школ;

— 60 млрд руб. — общий объём финансирования на исследования и разработки в интересах бизнеса, привлеченный передовыми инженерными школами;

— 5 850 шт. — количество регистрируемых результатов интеллектуальной деятельности передовых инженерных школ (рост количества регистрируемых РИД — 50% по сравнению с 2022 г.).

ТЕНДЕНЦИИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ

В СССР и в современной России всегда проводилась массовая подготовка инженерных кадров более чем в ста институтах и университетах. Масштаб данной подготовки легко оценить из контрольных цифр подготовки (КЦП) на технические направления подготовки и специальности, относящиеся к области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки», составляет около 150 тысяч мест всё последнее десятилетие. Однако, данные опросов выпускников университетов свидетельствуют о том, что только около 30% выпускников работают по освоенной инженерной специальности. Среди технических университетов всегда выделялись университеты-лидеры. На базе этих университетов были созданы Федеральные учебно-методические объединения (ФУМО) [2], которые играют важную роль в методической поддержке реализации образовательных программ по соответствующим специальностям и направлениям подготовки. Не случайно, что большинство университетов — лидеров ФУМО, участвовали и победили в конкурсе ПИШ: МАИ, МИСиС, МГТУ, ИТМО, СПбПУ, РХТУ, СПбГМТУ, ТПУ. При этом НИЯУ МИФИ стал методическим оператором федерального проекта ПИШ.

Многие подходы и ядра образовательных программ инженерной подготовки сформировались к 1970-ым или 1980-ым годам и с тех пор эволюционно изменяются. Многие из ведущих технических университетов сформировали и реализуют свою «уникальную» систему подготовки, которой гордятся и успешно реализуют уже не одно десятилетие. При этом, у подобных систем есть общие черты: качественный отбор абитуриентов, фундаментальная физико-математическая подготовка на уровне классических университетов; формирование инженерных компетенций на основе сочетания инженерных курсов, инженерных проектов и различных практик; активное участие представителей промышленных партнеров в учебном процессе через преподавателей совместителей и распределения студентов на предприятия на научно-исследовательскую работу, практики и подготовку выпускных квалификационных работ.

Однако, за последние 30–40 лет произошли системные сдвиги в технологиях и возникла задача системной модернизации подготовки инженеров. Инженерные разработки становятся всё более междисциплинарными. Повсеместно стали использоваться новые материалы и технологии производства материалов и изделий. Еще одним из таких сдвигов является повсеместное внедрение в нашу жизнь и производство информационных технологий. С начала XXI века информатизация активно внедряется учебный процесс практически всех университетов. Интернет сделал доступными методические материалы различных инженерных ассоциаций и технических университетов практически всем участникам процесса подготовки и переподготовки инженерных кадров.

Также изменяется инженерное образование. Преподаватели и исследователи в лучших университетах стремятся модернизировать инженерную подготовку с учетом изменений, происходящих в инженерной деятельности и возможностей новых технологий. Отдельно стоит выделить инициативу CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate / Придумывай-Разрабатывай-Внедряй-Управляй), которая была сформулирована в MIT в начале текущего тысячелетия и сегодня стала международной инициативой. Многие технические университеты России используют стандарты CDIO [3] при разработке своих образовательных программ.

Различными международными и национальными ассоциациями (АИОР [4], Engineers Europe (ранее: FEANI) [5], SEFI [6], АПЕС [7], АСЕЕ [8], IPW [9] и др.) непрерывно адаптируют квалификационные требования к званию «профессиональный инженер». При этом в основе их требований лежат: 1) критерии соответствия инженерного образования, полученного соискателем, аккредитационным требованиям ассоциации; 2) уровень его профессиональных знаний; 3) опыт практической инженерной деятельности соискателя. На наш взгляд, важно выделить наличие опыта практической инженерной деятельности. Технические университеты во многих странах также объединяются в ассоциации для обсуждения вопросов инженерной подготовки. Например, в Европе в конце прошлого века была учреждена некоммерческая организация — Европейское сообщество инженерного образования (SEFI — Societe Europeenne pour la Formation des Ingeneurs, European Society for Engineering Education) [10], включающая в себя лучшие европейские университеты по направлению инженерии и технологии, а также промышленных партнеров. Ключевым элементом деятельности SEFI является Европейская Конвенция деканов инженерных факультетов (ECED — European Convention of Engineering Deans), положения которой принимаются по итогам ежегодных конференций с участием ректоров и деканов лучших европейских университетов в сфере инженерного образования. В 2017 году на очередной ежегодной конференции ECED в Техническом Университете Мюнхена при участии 70 ректоров и деканов обсуждались лучшие практики и основные тренды развития инженерного образования в Европе. Основные положения были изложены в так называемом “Мюнхенском Послании” (The “Munich Message”) или “Послании 70 деканов”. Анализ данных положений можно найти, например, на сайте [11]. Представленные положения представляют несомненный интерес для понимания направлений развития лучших инженерных школ Российской Федерации.

Европейские деканы выделяют ряд ключевых тенденций и противоречий, которые влияют на инженерное образование:

— междисциплинарность исследований вступает в противоречие с «границами» кафедр и дисциплин;

— разнообразие студентов, как с точки зрения культуры, так и мотивации, вступает в противоречие с единообразными программами, которые мы им предлагаем;

— необходимость создания эффективных междисциплинарных команд вступает в противоречие с отсутствием эффективных индикаторов оценки такого взаимодействия;

— цифровая трансформация общества с появлением МООС открывает новые перспективы и вступает в противоречие с монополией университетов на выдачу дипломов.

Непрерывно изменяются образовательные технологии и лабораторная база инженерной подготовки в ведущих университетах. В образовательные инженерные программы, которые, как правило, имеют модульную структуру, включаются модули по развитию «мягких» навыков, экономического мышления, различные практики и проекты. Признается, что один уникальный инженерный профиль больше не подходит для всех студентов программы. Многие университеты экспериментируют с творческими пространствами, лабораториями и различными учебными фабриками, в которых студенты работают над реальными проектами, актуальными для общества. Специальные центры передового опыта, или мейкерспейсы, зарекомендовали себя как отличные места для совместной работы студентов в междисциплинарных командах.

Сравнительный анализ трендов развития инженерного образования в России и других странах представлен в работе [12].

НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПИШ

Концепция Передовой инженерной школы формируется на базе университета с активным участием индустриальных партнеров. Обсуждение направлений модернизации подготовки инженеров происходит непрерывно. В ведущем российском журнале об инженерной подготовке — «Инженерное образование», издаваемом в Томском Политехническом университете (ТПУ), регулярно публикуются статьи о необходимости модернизации инженерного образования и принципах, на которых эта модернизация должна основываться [13, 14, 15, 16]. Например, в работе [15] Ю.П. Похолоков, опираясь на анализ опыта ведущих технических университетов, выделяет четыре основные традиции в инженерном образовании СССР и России:

1. единство учебного и научного процессов;
2. основательная практическая подготовка будущих инженеров;
3. высокий уровень требований к студентам;
4. новаторский характер основных видов деятельности в инженерном вузе (учебная, научная, инженерная).

Фактически это развитие «Русской инженерной школы». В 2021 году ТПУ выступил инициатором создания консорциума «Новое инженерное образование России». С 2012 года сотрудники Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) публикуют работы цифровому инжинирингу и его роли в современной инженерной деятельности, а также по анализу мирового и российского опыта инженерной подготовки [17, 18, 19]. С 2019 СПбПУ года ежегодно проходит конференция «Современная подготовка инженеров». На второй конференции П.Г. Щедровицкий сформулировал семь принципов

подготовки современных инженеров. Эти принципы и комментарии к ним лучше читать в оригинале на сайте автора [20]. Речь идёт о подготовке элитных инженеров, способных не только надёжно проектировать и эксплуатировать сложные машины, оборудование и комплексы, но создавать принципиально новые объекты и технологии. В контексте нашей статьи хочется особенно выделить несколько тезисов, напрямую вытекающих этих принципов: подготовка современных инженеров должна проводиться с учётом новой промышленной революции и, поэтому, важно участие в учебном процессе передовых индустриальных партнёров; абитуриенты передовых инженерных программ должны быть грамотными и мотивированными, поэтому очень важна работа с абитуриентами (школьниками, студентами бакалавриата своего и других вузов); в учебном процессе ведущую роль должны играть активные методы (проекты, тренажеры, игровые формы организации занятий, стажировки и т.п.), поэтому особое внимание нужно обращать на разработку передовых образовательных технологий и создание специальных образовательных пространств (учебно-научных лабораторий, учебных производств, виртуальных полигонов и т.п.).

Практически все эксперты выделяют несколько направлений модернизации инженерной подготовки, которые коррелируют с международными тенденциями. Образцовая Передовая инженерная школа (ОПИШ) должна развивать деятельность по всем аспектам инженерной подготовки: от профориентационной работы среди школьников до реализации инновационных проектов совместно с индустриальными партнёрами.

ПИШ создается в университете для подготовки кадров и помощи в решении масштабных задач индустриальных партнёров. ПИШ должны стать местом притягательным местом как для мотивированных и подготовленных абитуриентов, так и для продвинутых инженеров и преподавателей. Все ПИШ имеют Программу создания и развития до 2030 года, в которой зафиксировано активное участие индустриальных партнёров. Также ПИШ можно рассматривать как экспериментальную площадку для апробации различных образовательных технологий.

Можно выделить несколько направлений деятельности ПИШ. В данной работе для демонстрации аналитического подхода и демонстрации лучших практик ПИШ мы ограничились четырьмя важными направлениями:

- Взаимодействие с индустриальными партнёрами.
- Работа с абитуриентами и школьниками.
- Практики организации образовательного процесса.
- Специальные образовательные пространства.

По каждому направлению можно выделить традиционные форматы работы, которые уже зарекомендовали себя в инженерной подготовке, и инновационные форматы, которые ещё не получили широкое распространение. В ОПИШ могут использоваться как традиционные (широко распространенные), так и инновационные (встречающиеся редко) форматы работы. При этом важно разрабатывать и использовать инструменты оценки эффективности действий для возможности сравнения различных подходов между собой.

В рамках методической поддержки федерального проекта ПИШ в НИЯУ МИФИ был создан Методический центр «Передовые инженерные школы» (МЦ ПИШ НИЯУ МИФИ). Одной из задач Центра является задача систематизация «лучших практик» ПИШ по различным направлениям деятельности. Даная работа была

начата в 2023 году. Для формирования первой версии каталога «лучших практик» ПИШ специалистами МЦ ПИШ НИЯУ МИФИ был реализован многоступенчатый алгоритм сбора и анализа данных:

- 1) Анализ буклетов и программ развития ПИШ;
- 2) Формирование первичного набора вопросов и уточнений по общедоступным данным;
- 3) Личное посещение ПИШ для сбора данных и ознакомления с заявленными передовыми практиками, уточнение деталей в соответствии с первичным набором вопросов;
- 4) Подготовка перечня практик ПИШ, для дальнейшего анализа;
- 5) Проведение литературного обзора по теме реализации практик из подготовленного перечня в мире, с целью определения возможных выгод и трудностей при реализации практики;
- 6) Таргетированный запрос передовым инженерным школам по предоставлению дополнительной информации по кандидатам в лучшие практики ПИШ;
- 7) Подготовка каталога для представления передовых практик всех ПИШ с учетом опыта реализации данных практик.

Ниже для каждого из выбранных четырех направлений деятельности ПИШ приведено краткое описание некоторых «лучших практик», реализуемых в различных ПИШ. Подробную информацию о «лучших практиках» ПИШ можно найти в Каталоге [21], в котором представлено описание более ста лучших практик всех ПИШ и приведено описание примеров практик ведущих технических университетов мира.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ИНДУСТРИАЛЬНЫМИ ПАРТНЕРАМИ

Участие представителей индустриальных партнеров с вузами и университетами активно реализовывалось еще во времена СССР. Однако в 1990-е годы данное взаимодействие во многих вузах практически прекратилось из-за различных причин. Конечно, ведущие технические университеты России сохранили тесные связи со своими индустриальными партнерами. При этом объём заказов на НИР и НИОКР со стороны промышленности и бизнеса, сравнимый с государственным заданием на подготовку кадров, имеется лишь нескольких ведущих университетов: МФТИ, МГТУ, МИФИ, СПбПУ, ТПУ и др.

Традиционно реализуются различные форматы взаимодействия университетов и индустриальных партнеров: участие представителей партнеров в работе ГЭК и ГАК, участие представителей партнеров в учебном процессе через систему базовых кафедр и совместных лабораторий, заключение хозяйственных договоров на выполнение НИР и НИОКР. Однако в редких случаях данная работа носит системный характер, а преподаватели и студенты университета реально участвуют в решении фронтальных задач индустриального партнера.

Установление плотного и обширного взаимодействия индустриальных партнеров и передовых инженерных школ является основой задачей федеральной программы ПИШ и является её наиболее важным элементом. Формирования модели подготовки современного инженера, обладающего набором передовых знаний, навыков и компетенций невозможно без активного участия индустриального

партнера. В связи с важностью такого взаимодействия, участие индустриального партнера ожидается на всех уровнях ПИШ. Рассмотрев и проанализировав кандидатур лучших практик ПИШ можно выделить три основных подраздела взаимодействия с партнерами: участие индустриального партнера в образовательном процессе, привлечение студентов ПИШ к деятельности и производственному процессу индустриального партнера, научно-техническое сотрудничество и бизнес-сотрудничество.

УЧАСТИЕ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ПАРТНЕРА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Представители индустриального партнера могут и должны оказывать большое влияние на образовательный процесс ПИШ, участвовать в разработке компетентностную модель выпускника ПИШ и иных областях обучения студентов в ПИШ. В данном подразделе представлены несколько практик принятые ПИШ для уплотнения взаимодействия со своими индустриальными партнерами.

Включение представителей индустриального партнера в состав ГЭК и ГАК является традиционным для Российских технических университетов. Однако желательно чтобы была организована системная работа представителей индустриальных партнеров в контроле качества учебного процесса. Например, в ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи» (ТУСУР) стараются повысить информированность индустриального партнера о ценных кадрах среди студентов и обеспечить контроль качества и актуальности образования в ПИШ. Оценка студента представителями промышленных партнеров предусмотрена на четырех этапах взаимодействия: в ходе работы над проектом, в ходе проведения практик и стажировок, в процессе защиты ВКР в качестве члена ГЭК и ГАК и по анкетам обратной связи после 6 месяцев работы на предприятии.

В ПИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Университет Иннополис) индустриальный партнер готовит Производственные инженерные кейсы для студенческих проектов. Для подготовки реализации проекта университет делает запрос в высокотехнологичные компании партнеры ПИШ, а также в ведущие компании в Иннополисе и России, чтобы отобрать самые релевантные проекты к комплексному применению полученных в ходе обучения знаний, но при этом включающие реальные задачи компаний. Проводятся предварительные встречи с каждой заинтересованной компанией по обсуждению предлагаемого проекта и вносятся корректировки при необходимости. Эти проекты выполняют в командах по 3–5 человек, где студенты получают возможность не только проверить на практике знания, полученные на курсах: Управление разработкой ПО, Инженерия требований, Управление качеством ПО, Архитектура программных систем и других, а также получают возможность экспериментировать во многих аспектах процесса реализации проекта и получить ценный опыт того, как всё это работает совместно.

ПИШ «Цифровой инжиниринг» (СПбПУ Петра Великого) реализует свою магистерскую программу совместно с индустриальным партнером. Главной особенностью (условием) открытия и реализации магистерской программы «Цифровой инжиниринг» является наличие фронтальной задачи индустриального партнера, подкреплённой письмом поддержки и гарантированным финансированием

для её решения. Фронтальная задача становится условием для выполнения совместных НИОКР с индустриальными партнерами и непосредственным вовлечением студентов в этот процесс. Учебный процесс выстраивается таким образом, чтобы дать возможность студентам не менее двух дней в неделю проводить на производстве. Всем студентам представляется возможность с первого семестра обучения трудоустроиться на предприятие индустриального партнера программы, либо в совместную с индустриальным партнером лабораторию ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ. Помимо основного процесса обучения, студентам представляется широкий спектр вне учебной деятельности, включая стажировки и практики вне рамок учебного процесса на предприятиях индустриального партнера.

В случае, если индустриальный партнер обладает уникальными и/или высококлассными специалистами, то их привлечение для чтения лекций в ПИШ позволит выгодно выделить образовательный процесс ПИШ и повысить его актуальность. Подобную практику реализует ПИШ «МАСТ» (МИСиС), которые проводят активно сотрудничество с Российскими разработчиками специализированного программного обеспечения. К чтению лекций по разработке, дистрибуции и внедрению программного обеспечения CAD/CAM/CAE для студентов ПИШ привлекаются разработчики отечественного ПО «СиСофт».

ПРИВЛЕЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПИШ К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННОМУ ПРОЦЕССУ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ПАРТНЕРА

Другой стороной взаимодействия ПИШ и индустриальных партнеров в области образовательных технологий является направление студентов ПИШ на практики, стажировки и работу к индустриальному партнеру. Вовлеченность студентов в производственные процессы индустриального партнера позволяет обеспечить информированность студентов о текущих потребностях промышленности, а также обеспечить упрощенный процесс дальнейшего трудоустройства к индустриальному партнеру.

В ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (ДГТУ) уже в течение двух лет реализуется практика вовлечения бакалавров, обучающихся на очной основе, в студенческие договоры с ООО «КЗ «Ростсельмаш». Данная практика позволяет обучающимся погрузиться в задачи Технического центра индустриального партнера и определиться с дальнейшим выбором вектора движения в обучении и работе. В рамках поддержки данной практики организуется проведение целевых встреч обучающихся выпускных курсов программ бакалавриата с руководством и представителями ГК «Ростсельмаш», руководством ИПМ «Ростсельмаш».

Интересной представляется практика ПИШ «Судостроение Индустрии 4.0» (СПбГМТУ) по адаптации тем НИРС под нужды индустриальных партнеров. В рамках данной практики подразумевается, что студенты участвуют в изготовлении, настройке и испытаниях оборудования, которое затем поставляется заказчику/индустриальному партнеру, а также студенты направляются в командировку на предприятие Заказчика/индустриального партнера для проведения пуско-наладочных работ и обучения сотрудников предприятия. Подобный подход позволяет обеспечить плотное взаимодействие между индустриальными партнерами и студентами ПИШ.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И БИЗНЕС-СОТРУДНИЧЕСТВО

Другой сферой взаимодействия между ПИШ и индустриальными партнерами является научно-техническое и бизнес-сотрудничество. Передовые инженерные школы являются не только источником высококачественных инженерных кадров для предприятий индустриальных партнеров, но и научно-техническим центром, позволяющим проводить НИОКР по перспективным темам.

ПИШ «Интеллектуальные системы тераностики» (Сеченовский университет) имеют опыт деятельности в области инноваций, трансфера технологий и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности. В ПИШ был отлажен механизм быстрой сборки инженерно-медицинских команд для выполнения проектов индустриального партнера с дальнейшим переносом практических навыков, полученных в ходе реализации технологических проектов в образовательную плоскость посредством ДПО и модулей основных образовательных команд.

В ПИШ «Промхимтех» (КНИТУ) научные проекты выполняются в виде не отдельных хоздоговорных или инициативных проектов, а проходят последовательную серию этапов единого сквозного процесса «Управление НИОКР», включая подпроцесс «Выполнение НИОКР» и др., конечной целью которого является продукт, востребованный конечным заказчиком. Этапы включают экспертизу промежуточных результатов с представителями заказчика (внутреннего и внешнего) с возможностью корректировки параметров технического задания, вовлечения или исключения исполнителей, изменения экономических параметров конечного продукта.

В ПИШ «Передовая инженерная школа Университета ИТМО» была развита бизнес-модель сотрудничества Университета ИТМО и ПАО Татнефть. Данная модель определена рамочным договором, предусматривающим широкий спектр направлений взаимодействия, включая образовательную деятельность, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также проведение мероприятий, направленных на подготовку высококвалифицированных инженерных кадров, реализацию, продвижение и сопровождение программы развития ПИШ. В основу текущей бизнес-модели сотрудничества заложен принцип проведения совместных открытых мероприятий для привлечения и поддержки новых инициатив как в интересах профильного направления компании (нефтегазовый сектор), так и в интересах его диверсификации (химия, биотехнологии, программный инжиниринг, урбанистика, экология и др.).

ПИШ «Агроген» (Воронежский ГАУ) видит федеральный проект «Передовые инженерные школы» в качестве драйвера для взаимодействия и активности региона. На данный момент ПИШ было проведено генетическое профилирование крупного рогатого скота и разработана цифровая база данных для хранения и использования больших массивов генотипических, фенотипических и ветеринарных данных крупного рогатого скота молочного направления с целью расширения возможностей геномной селекции в регионе. Воронежская область играет значимую роль в молочном производстве Российской Федерации, обладая молочным поголовьем дойного стада крупного рогатого скота в количестве 100 000 голов. Цифровое сопровождение обеспечит поступательное развитие молочной индустрии региона и снижение импортозависимости в сфере скотоводства.

РАБОТА С АБИТУРИЕНТАМИ И ШКОЛЬНИКАМИ

Качество выпускника ПИШ во многом будет определяться качеством абитуриентов, которые поступили на её образовательные программы. Поэтому работа с потенциальными абитуриентами является одним из важных направлений деятельности как всего университета, так и его отдельных подразделений. Практически все ведущие университеты в настоящее время рекламируют свои образовательные программы и работают с подшефными школами. Набор мероприятий очень разнообразный. Для привлечения школьников университеты открывают двери своих лабораторий, проводят курсы лекций, занимаются проектной деятельностью и др. Отдельно стоит выделить проведение различных Олимпиад для школьников различных возрастов. Однако, рекламе программ магистратуры и работе с абитуриентами этих программ, как правило, уделяется гораздо меньше внимание на общеуниверситетском уровне. Поиск и отбор мотивированных и подготовленных абитуриентов на магистерские программы ПИШ является важной задачей. Для решения этой задачи ПИШ апробируют различные подходы. Многие ПИШ реализуют обязательное предварительное собеседование с абитуриентом.

В ПИШ «Интеллектуальные энергетические системы» (ТПУ) в рамках такого собеседования оценивается «общая адекватность» студента и его ожидания от результатов обучения.

В ПИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Университет Иннополис) проведение отбора студентов проходит в несколько этапов, включающих написание мотивационного письма, составление портфолио, прохождение тестирования, собеседование с привлечением представителей индустриального партнера. Подобные действия позволяют отобрать наиболее результативных абитуриентов. Для повышения качества абитуриентов, в ПИШ «Передовая инженерная школа Университета ИТМО» и ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи» (ТУСУР) применяется многоэтапный конкурсный отбор абитуриентов. В рамках этого отбора студенты различных университетов приглашаются на различные мероприятия: конференции и школы, организованные ПИШ. Во многих Школах экзамен в магистратуры проходит в формате «тестирование + собеседование»: в рамках тестирования проверяются профессиональные знания, в рамках собеседования оцениваются soft skills и мотивационный компонент. Интересное решение по поддержке мотивации магистров предложено в ПИШ «Цифровое производство» (УрФУ первого Президента России Б.Н. Ельцина), в которой проводится ежегодная ротация учащихся (15% студентов с низким рейтингом предлагается перейти на ООП в рамках тех же направлений в другие институты УрФУ). На их места в УПИШ на основе компетентностной оценки отбираются лучшие студенты.

В создании и работе образцовой ПИШ индустриальные партнеры играют ключевую роль. Они определяют направление прорывных исследований и активно участвуют в разработке и реализации образовательных программ всех уровней. Актуальность взаимодействия с университетом индустриальные партнеры демонстрируют готовностью финансирования Программы развития ПИШ на долгосрочный период и заказом на кадры в объеме несколько десятков выпускников в год. Представители индустриальных партнеров входят во все управляющие органы ПИШ и наблюдательный Совет.

ПРАКТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Классическая лекционно-семинарская система, реализуемая в рамках фиксированных академических студенческих групп, еще продолжает доминировать в учебном процессе многих российских технических университетов. Она доказала свою эффективность для освоения базовых дисциплин для среднего студента среднего вуза и продолжает использоваться средними преподавателями, которые сами получали образование в подобных рамках. При этом в ведущих университетах России и мира постоянно ведутся поиски других форм организации учебного процесса, нацеленные на повышения вовлеченности студентов и более эффективного формирования компетенций. Это и, уже отмеченный выше, проектный подход к обучению, и индивидуализация образовательных траекторий студентов за счёт включения курсов по выбору, и активное использование различных форматов проведения учебных занятий: дискуссии, хакатоны, ...

Среди практик ПИШ, позволяющих модернизировать образовательный процесс могут быть выделены отдельные тематические категории: формирование новых востребованных компетенций, таргетирование обучения через индивидуальные образовательные траектории, обучение «цифровым» компетенциям и цифровизация обучения, современное проектное обучение, приглашение экспертов и представителей индустриального партнера, применение инженерных «кейсов» в образовательном процессе.

В результате анализа образовательных программ ПИШ, можно сделать вывод, что все компетентностные модели выпускников ПИШ значительно отличаются от моделей выпускников базовых университетов ПИШ. Данные изменения связаны с активным участием индустриальных партнеров в формировании образовательных программ ПИШ для обеспечения соответствия компетентностной модели выпускника ПИШ и востребованного набора компетенций на передовых производствах. Такое соответствие является одной из основных задач федерального проекта.

В частности, многие индустриальные партнеры желают видеть в своих сотрудниках так называемые «метакомпетенции». В ПИШ «Цифровое производство» (УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина) образовательный процесс построен так, чтобы выпускники ПИШ, владели не только универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями, но и набором «метакомпетенций», включающих: адаптивность, самодисциплину, креативность, самообучение, коммуникабельность, управление вниманием, клиентоориентированность, управление информацией, инициативность, экологическое мышление. Подобный подход позволяет соответствовать тренду многопрофильности и универсальности сотрудника, в отличие от узкой специализации направления выпускников. Данный подход к образованию в этой ПИШ осуществляется совместно с применением многотречевого обучения через формирование индивидуальных образовательных траекторий. В зависимости от склонности студента и его занятости в работе над проектами и задачами индустриальных партнеров он может выбрать исследовательский, расчетный, конструкторский или технологический трек обучения.

Ключевыми направлениями модернизации сути инженерной подготовки в ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (ННГУ им. Н.И. Лобачевского) являются обучение на основании «треугольника инженерного образования»

и новая идеология организации специальных образовательных пространств — «мастерских», в которых студенты вместе с наставниками выполняют реальные ОКР, направленные на создание уникальных объектов (изделий, приборов, материалов и др.), востребованных Индустриальными партнерами. Новизна такого подхода к инженерной подготовке состоит в том, что необходимые компетенции инженеров будут обеспечены «треугольником инженерного образования», одна из сторон которого — это фундаментальная теоретическая подготовка, вторая — интегрированная с ней практическая подготовка, а третья — культурная подготовка (искусства, гуманитарные и общественные науки), которые позволят инженеру стать гармоничной и всесторонне развитой личностью.

В ПИШ «Передовая медицинская инженерная школа» (СамГМУ) реализуется практика, суть которой состоит в использовании специально разработанных карт для выявления компетенций и достраивания компетентностных профилей на основе корректных аналогий. Технология позволяет мягко встраивать цифровые компетенции специалистам медицинской отрасли, и компетенции в области медицины ИТ специалистам. Технология представляет собой картирование мыслительных процессов специалистов различных предметных областей и их дальнейшее комплексирование с целью развития навыков межотраслевой коммуникации.

В ПИШ «Передовая инженерная школа гибридных технологий в станкостроении Союзного государства» (ПсковГУ) также реализуется технология мультитрековой подготовки на программах обучения бакалавров и магистров. По окончании двух курсов обучения по программам бакалавриата у студента на конкурсной основе появляется «развилка» в дальнейшем профессиональном росте: трек линейного инженера (инженер-технолог) (для студентов, показавших среднюю мотивацию к обучению, желающих максимально быстро выйти на рынок-труда) и трек межотраслевого, комплексного инженера (инженер-конструктор) (для студентов, прошедших конкурсный отбор, высокомотивированных для профессионального роста). Программа магистратуры предлагает студентам на выбор одну из трёх образовательных программ: трек инженера-управленца (при подготовке данного инженера в учебный план включены модули, дисциплины и практики, связанные экономикой машиностроительного предприятия, планированием, менеджментом и др.); трек кастомизированного инженера (узкоспециализированный специалист в одной из областей профильного направления подготовки по запросу индустриального партнёра и с основным местом обучения на базе индустриального партнёра) и трек инженера-исследователя (специалист, в программу подготовки которого включены дополнительные модули по научно-исследовательской деятельности).

ПИШ «МАСТ» (МИСиС) совместно с Сеченовским университетом реализует совместную программу обучения, где со стороны НИТУ МИСИС (ПИШ «МАСТ») преподаются курсы по материаловедению и работы с 3Д печатью, а со стороны Сеченовского университета — компетенции по биосовместимости материалов. В результате реализации данной программы выпускники будут обладать достаточными компетенциями для работы в области создания имплантов. Подобный метод взаимодействия позволяет выпускникам получать лучшие образовательные курсы из нескольких ВУЗов и обладать компетенциями для создания новых бизнес-проектов на стыке научных областей.

В ПИШ «Цифровой инжиниринг» (СПбПУ Петра Великого) проводится разработка онлайн-тренажеров, встраиваемых в корпоративные программы ДПО или используемых, как самостоятельный образовательный продукт, в том числе с возможностью проведения чемпионатов как для студентов, так и для сотрудников предприятий. Слушатель имеет возможность принимать общие решения, связанные с трансформацией индустриальной модели предприятия в рамках тренажёра, а также по проектам внедрения цифровых технологий в рамках тренажёра.

В рамках образовательного процесса в образцовой ПИШ должны использоваться различные методики обучения при этом доля активных методов (проектов, семинаров, практик, стажировок, ...) должна занимать более 50% учебного времени. Студенты ПИШ должны иметь возможность самостоятельного развития за счёт участия в различных внеучебных мероприятиях, организованных сотрудниками ПИШ и их индустриальными партнерами (программы ДПО, хакатоны, «летних» школ, чемпионаты, ...). Для разработки новых образовательных программ с активными формами обучения, проведения методических семинаров с ППС, организации внеучебных мероприятий для студентов, скорее всего, в ОПИШ будет необходимо создать специальное подразделение и/или учебно-методический Совет.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОСТРАНСТВА

Во всех действующих ПИШ, а также в большинстве высших учебных заведений Российской Федерации функционируют специальные образовательные пространства (СОП) для проведения лабораторных, практических и исследовательских работ. Часть таких пространств специализирована под требования научных групп или направление подготовки обучающихся студентов. Однако наибольший интерес представляют экспериментальные и передовые практики организации структуры и работы подобных образовательных пространств.

В ПИШ «МАСТ» (МИСиС) и ПИШ «Промхимтех» (КНИТУ) были реализованы СОП в хорошо известном формате «*Learning Factory*». Концепция подразумевает организацию обучающего комплекса, оснащенного современным производственным оборудованием и специалистами по работе с данным оборудованием, которые также являются кураторами и наставниками в процессе производственной практики студентов в данном комплексе. Важным преимуществом реализации такой концепции является приобретение учебным заведением собственных производственных мощностей и возможности закрепления компетенций студентов в процессе выполнения учебных или реальных производственных заказов. Проблемами, препятствующими повсеместной реализации данной концепции являются высокие капитальные затраты на строительство комплекса и его оснащение, а также затраты на обслуживание оборудования, зарплаты персоналу и приобретение расходных материалов.

Реализованная в ПИШ «МАСТ» (МИСиС) площадка «Кинетика» (инжиниринговый центр быстрого промышленного прототипирования высокой сложности «Кинетика») полностью соответствует классической концепции «*Learning factory*» и включает в свой состав высокотехнологичное оборудование общей стоимостью выше 120 миллионов рублей. В число персонала СОП входят 14 специалистов-инженеров и 4 администратора. В рамках деятельности СОП проводятся практики

и стажировки студентов, а также планируется проведение исследований в области аддитивных технологий.

В ПИШ «Промхитех» (КНИТУ) реализована более узкоспециализированная концепция *learning factory*, связанная с обучением студентов на тренажерах RTsim — компьютерных тренажерах для нефтегазового сектора. В 2022–2023 г. система цифровых тренажеров «РТСИМ.Карьера» активно используется в образовательном процессе ПИШ. В частности, модуль «Цифровые модели нефтегазовой отрасли» встроен в программы ДПО ПИШ. По программе ДПО ПИШ «Промхимтех» обучены ППС университета профильных кафедр, использование цифровых моделей внедряется в учебный процесс. Данный подход позволяет предоставить работодателям цифровые метрики освоения студентами навыков на тренажерах РТСИМ для стажировок и дальнейшего трудоустройства.

Одним из наиболее популярных направлений СОП является создание интерактивного цифрового образовательного пространства. Подобные платформы могут использоваться как единая точка доступа к современному вычислительному инструментарию с виртуальными рабочими местами, площадке внеучебного развития студентов, базы размещения учебных курсов и ДПО и др.

В ПИШ «Цифровое производство» (УрФУ первого Президента России Б.Н. Ельцина) студентам доступна «платформа цифрового инжиниринга» («Академия цифрового инжиниринга»), которая представляет собой единую экосистему инженерного образования и цифровых инженерных разработок. Подобная система может быть использована как для образовательного процесса, так и для разработки с использованием современного инженерного ПО (PLM, CAD, CAE и др.). Платформа предоставляет такие сервисы для обучения, как: облачные сервисы, виртуальные рабочие места, виртуальные приложения, хранение виртуальных рабочих мест и пользовательских данных.

В ПИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (МФТИ) была реализована «Цифровая фабрика», которая представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, позволяющих проводить совместные и изолированные имитационные и полунатурные испытания программно-аппаратных изделий и технологий сложных технических систем (СТС). Планируется, что «Цифровая фабрика» будет решать широкий спектр задач, связанных с разработкой и проектированием перспективных СТС.

Кроме того, в ПИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (МФТИ) также активно используется Виртуальный полигон предназначенный для проведения испытаний на виртуальном полигоне цифровых двойников (далее — ЦД) сложных технических систем, в том числе испытания изделия в составе более крупной системы. При испытаниях на виртуальном полигоне применяются технологии высокопроизводительных вычислений, включая суперкомпьютерные технологии и технологии больших данных.

В ПИШ «Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии» (НГТУ им. Р.Е. Алексеева) создан интерактивный комплекс опережающей подготовки «Интеллектуальные цифровые системы реального времени и SCADA-технологии». Данный комплекс позволяет проводить изучение технологий разработки систем реального времени и SCADA на основе операционных систем Astra Linux, QNX Neutrino (включая QNX Neutrino-Э для платформы «Эльбрус»). Задачи комплекса: разработка цифровых моделей аппаратных комплексов атомных станций (АКАС), разработка цифровых моделей управления

АКАС с применением SCADA в качестве слоя мониторинга и диспетчерского контроля и решение кейсов, связанных с разработкой систем реального времени в атомной отрасли.

В ПИШ «Передовая медицинская инженерная школа» (СамГМУ) реализовано «Цифровое образовательное пространство ПМИШ», которое предназначено для формирования у обучающихся научной картины мира на стыке инженерных и медицинских наук. Оно включает мобильное приложение и программный сервис для построения дерева компетенций и индивидуальных компетентностных профилей. Им пользуются обучающиеся, руководители образовательных программ и эксперты от высокотехнологичных компаний. Особенностью пространства являются формирование проектно-ориентированных проектов и автоматизированное построение индивидуальных образовательных траекторий с учетом развития компетентностных профилей в области инженерной подготовки и медицины.

В рамках проекта ПИШ при участии других федеральных программ, ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (ННГУ им. Н.И. Лобачевского) и базовый университет создает необходимую инфраструктуру для реализации новых образовательных направлений. В 2022 году созданы: учебный класс «Логос» и учебная лаборатория, в которой подготавливаются необходимые учебные материалы. Для обеспечения полномасштабного внедрения пакета программ «Логос» в организации высокотехнологичных отраслей промышленности осуществляется разработка и внедрение новых образовательных направлений (ВПО, ДПО) и образовательных курсов, в том числе — на базе Передовой инженерной школы ННГУ.

В ПИШ «Интегрированные технологии в создании аэрокосмической техники» (Самарский университет) был создан интерактивный комплекс, опережающей подготовки инженерных кадров на основе современных цифровых технологий «Цифровые аддитивные технологии», который позволяет обеспечить сквозное освоение обучающимися от универсальных до профессиональных компетенций, содержащих: метакомпетенции цифровые компетенции (брендовые), предметные профессиональные компетенции (способность к проектной и исследовательской деятельности в рамках концепции «Цифрового завода», а также способность к междисциплинарной проектной коммуникации). Связь оснащенного интерактивного комплекса с образовательными программами, реализуемыми ПИАШ, осуществляется через решение фронтальной задачи и реализацию критических технологий ПИАШ.

Еще одним направлением СОП реализуемых на территории ПИШ является применение VR-технологий для проведения исследований, лабораторных и практических работ. VR-технологии позволяют проводить лабораторные работы, которые невозможно реализовать в реальности из-за опасности или дороговизны проведения подобных работ.

В ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш»» (ДГТУ) в 2022 году было создано специальное образовательное пространство — «многофункциональная лаборатория имитационного моделирования и виртуальной реальности», а в ПИШ «Передовая медицинская инженерная школа» (СамГМУ) был запущен «VR комплекс диагностики компетенций». Данные пространства широко используются для проведения исследовательских и тестовых работ в виртуальной реальности.

Релевантным примером переноса «опасных» лабораторных работ в виртуальное пространство служит комплекс виртуальных лабораторных работ

в образовательном процессе ПИШ «Передовая Инженерная Школа Химического Инжиниринга и Машиностроения» (РХТУ), в числе которых — лабораторные работы с радиоактивными материалами, сильными кислотами и взрывоопасными составами.

В образцовой ПИШ созданы и активно используются в учебном и исследовательском процессах специальные образовательные пространства различного назначения: специальные лаборатории, цифровые полигоны, виртуальные тренажеры и др. Данные пространства активно задействованы не только в учебном процессе ПИШ и базового университета, но и при реализации курсов ДПО и сетевых образовательных программ с техническими университетами не имеющими ПИШ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы» созданы 30 ПИШ, которые начали работу в 2022 году. Кейсы ПИШ по различным направлениям инженерной подготовки могут стать примерами для других технических вузов.

В работе сделана попытка описать некоторые направления деятельности ПИШ и приведены краткие примеры проектов, которые реализуются в настоящее время в Передовых инженерных школах.

Список литературы

1. Современные профессиональные компетенции // МинОбранауки : офиц. сайт. URL: <https://engineers2030.ru/>.
2. Координационный совет по области образования "Инженерное дело, технологии и технические науки". URL: <https://fgosvo.ru/ksumo/index/edufieldid/2>.
3. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информационно-методическое издание / перевод с английского и редакция А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2011. 17 с.
4. Ассоциация инженерного образования России : офиц. сайт. URL: <https://aeer.ru/ru/>.
5. Engineers Europe (ранее: FEANI) : офиц. сайт. URL: <https://www.engineerseurope.com/>.
6. European Society for Engineering Education (SEFI) : офиц. сайт. URL: <https://www.sefi.be>.
7. Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) : офиц. сайт. URL: <https://www.apec.org/>.
8. American Society for Engineering Education (ASEE) : офиц. сайт. URL: <https://www.asee.org/>.
9. Scientific Society for Engineering Pedagogy (IPW) : офиц. сайт. URL: <https://ipw-edu.org/>.
10. Европейское сообщество инженерного образования (SEFI — Societe Europeenne pour la Formation des Ingeneurs, European Society for Engineering Education) : офиц. сайт. URL: <https://www.sefi.be/>.
11. Kamp, A. What trends and developments do 70 engineering deans in Europe care about most? / A. Kamp // Adapting Engineering Education to Change. 2017.

- 22 April. URL: <https://aldertkamp.weblog.tudelft.nl/2017/04/22/what-trends-and-developments-70-engineering-deans-in-europe-do-care-about-most/>
12. Тихомиров Г.В. Анализ трендов обеспечения качества инженерного образования в Российской Федерации и международных сообществах / Г.В. Тихомиров, С.Н. Рыжов // Профессорский журнал. Серия: Технические науки. 2022. № 1 (5). С. 34–48.
 13. Огородова Л.М. Инженерное образование и инженерное дело в России: проблемы и решения / Л.М. Огородова, В.М. Кресс, Ю.П. Похолков // Инженерное образование. 2012. № 11. С. 18–23.
 14. Коробцов А.С. Качество инженерного образования: лозунги и реальность / А.С. Коробцов // Инженерное образование. 2020. № 27. С. 27–36.
 15. Похолков Ю.П. Инженерное образование России: проблемы и решения. Концепция развития инженерного образования в современных условиях / Ю.П. Похолков // Инженерное образование. 2021. № 30. С. 96–107.
 16. Соловьев В.П. О концепции развития инженерного образования / В.П. Соловьев, Т.А. Перескокова // Инженерное образование. 2022. № 32. С. 119–131.
 17. Компьютерный инжиниринг: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин [и др.]. Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2012. 93 с.
 18. Рудской А.И. Анализ отечественного опыта развития инженерного образования / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 1. С. 151–162.
 19. Инженерное образование: мировой опыт подготовки интеллектуальной элиты : монография / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов, К.Н. Киселева. Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2017. 216 с.
 20. Щедровицкий П. Подготовка инженеров. 7 принципов / П. Щедровицкий // shchedrovitskiy.com — сайт философа и методолога Петра Щедровицкого. URL: <https://shchedrovitskiy.com/подготовка-инженеров>.
 21. Лучшие практики Передовых инженерных школ / Г.В. Тихомиров, В.И. Шевченко. Москва : НИЯУ МИФИ, 2023.

BEST PRACTICES OF ADVANCED ENGINEERING SCHOOLS

**Barbashina Natalia Sergeevna,
Tikhomirov Georgy Valentinovich,
Shevchenko Vladimir Igorevich**

***National Research Nuclear University MEPHI
Kashirskoye highway 31, Moscow, Russian Federation***

E-mail: GVTikhomirov@mephi.ru

Annotation. The article examines the issues of the activities of Advanced Engineering Schools (PISH), established in 2022 as part of the federal project "Advanced Engineering Schools". The analysis of modern trends in engineering training is carried out. The directions of work in which the authors should develop within the framework of their activities are highlighted. For each area, a description of some of the cases of PISH, claiming to be samples of the "best" practices of engineering training, is given.

Keywords: Federal project "Advanced Engineering schools", engineering education, educational technologies, special educational spaces, best practices.

СИСТЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ ПО ОСНОВНЫМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ НАПРАВЛЕНИЯМ

DOI: 10.18572/2686-8598-2023-6-1-22-35

**Карулин Владимир Петрович,
доктор технических наук, профессор**

**Сытняк Юрий Анатольевич,
кандидат технических наук**

**Аляева Юлия Владимировна,
кандидат технических наук**

***Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)***

Каширское шоссе д.31, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются методические подходы к оценке эффективности деятельности передовых инженерных школ в разрезе отдельных образовательных специальностей (направлений подготовки) и технологических направлений высокотехнологичных компаний. Полученные количественные оценки эффективности позволят определить степень приоритетности образовательных и технологических направлений подготовки специалистов в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы». Системные механизмы оценивания эффективности ПИШ базируются на комплексном учёте основных характеристик ПИШ, их взаимосвязи в образовательных и технологических направлениях, финансовой обеспеченности и реализуемости на различных этапах жизненного цикла.

Ключевые слова: передовая инженерная школа, эффективность, результативность, высокотехнологичная компания.

Федеральный проект «Передовые инженерные школы» разработан Минобрнауки России в качестве стратегической инициативы и является частью государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации». Цель проекта — обеспечение высокопроизводительных экспортоориентированных секторов экономики высококвалифицированными кадрами для достижения технологической независимости страны.

Передовые инженерные школы (далее — ПИШ), осуществляющие образовательную, научную, инновационную деятельность в партнерстве с высокотехнологичными компаниями, относятся к базовым элементам структурной перестройки науки и образования на пути обретения технологического суверенитета страны.

В настоящее время создано 30 передовых инженерных школ в университетах, отобранных в соответствии с постановлением Правительства Российской Феде-

рации от 8 апреля 2022 г. № 619 «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ» в ред. Постановления Правительства РФ от 11.02.2023 № 196 (далее — Постановление № 619) [1].

Приоритетные особенности инженерной подготовки нового типа, практикуемые в ПИШ, включают:

- глубокую интеграцию учебного и научно-исследовательского процессов ПИШ с производственной деятельностью высокотехнологических компаний — партнеров, для которых осуществляется подготовка инженерных кадров;
- проектно-ориентированное обучение в сочетании с гибкой логистикой учебного процесса;
- системную согласованность научно-технических проектов ПИШ с производственной деятельностью технологического партнёра.

Распределение ПИШ по укрупнённым группам специальностей и направлениям подготовки (УГСН) представлено в табл.1.

Таблица 1

Распределение ПИШ по укрупнённым группам специальностей и направлениям подготовки

№	УГСН	% участия ПИШ
1	01.00.00 Математика и механика	10,00%
2	05.00.00 Науки о земле	3,30%
3	09.00.00 Информатика и вычислительная техника	26,70%
4	11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи	16,70%
5	12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии	13,30%
6	13.00.00 Электро- и теплоэнергетика	20,00%
7	14.00.00 Ядерная энергетика и технологии	6,70%
8	15.00.00 Машиностроение	23,30%
9	18.00.00 Химические технологии	13,30%
10	19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии	6,70%
11	21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия	3,30%
12	22.00.00 Технологии материалов	16,70%
13	23.00.00 Техника и технологии наземного транспорта	3,30%
14	24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника	13,30%
15	26.00.00 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта	3,30%
16	27.00.00 Управление в технических системах	16,70%
17	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы	3,30%
18	29.00.00 Технологии легкой промышленности	3,30%
19	35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство	3,30%
20	38.00.00 Экономика и управление	3,30%

Постановлением Совета Федерации федерального собрания Российской Федерации «Об обеспечении научно-технологического развития Российской Федерации в целях достижения технологического суверенитета» [2] от 22 февраля 2023 года № 71-СФ сформированы рекомендации Правительству Российской Федерации, ряд из которых прямо или косвенно связаны с реализацией федерального проекта «Передовые инженерные школы».

В развитие рекомендаций Совета Федерации Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2023 года № 603 [3] определены приоритетные направления проектов, реализация которых будет способствовать достижению технологического суверенитета, а также позволит провести структурную адаптацию экономики к сегодняшним реалиям. Постановлением определены 13 приоритетных технологических направлений к которым относятся: авиационная промышленность, автомобилестроение, железнодорожное машиностроение, медицинская промышленность, нефтегазовое машиностроение, сельскохозяйственное машиностроение, специализированное машиностроение, станкоинструментальная промышленность, судостроение, фармацевтика, химическая промышленность, электроника и энергетика.

Существующее распределение ПИШ по технологическим направлениям в значительной степени совпадает с перечнем приоритетных направлений, определённых Постановлением Правительства № 603 (табл. 2).

Таблица 2

Распределение ПИШ по приоритетным направлениям достижения технологического суверенитета РФ

Приоритетные направления	ПИШ, имеющие сходную тематику	% участия ПИШ
1. Авиационная промышленность	Московский авиационный институт ПИШ «Индустрия-2050» Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана ПИШ «Системная инженерия ракетно-космической техники» Новосибирский национальный исследовательский государственный университет ПИШ «Когнитивная инженерия» Пермский национальный исследовательский политехнический университет ПИШ «Высшая школа авиационного двигателестроения» Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева ПИАШ «Интегрированные технологии в создании аэрокосмической техники» Уфимский университет науки и технологий ПИШ «Моторы будущего»	20,0%
2. Автомобилестроение	Казанский (Приволжский) федеральный университет ПИШ «Кибер Авто Тех»	3,0%
3. Железнодорожное машиностроение	Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина ПИШ «Цифровое производство»	3,0%

Приоритетные направления	ПИШ, имеющие сходную тематику	% участия ПИШ
4. Медицинская промышленность	<p>Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова ПИШ «Медицинская инженерия»</p> <p>Самарский государственный медицинский университет ПИШ «Передовая медицинская инженерная школа»</p> <p>Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова ПИШ «Интеллектуальные системы тераностики»</p>	10,0%
5. Нефтегазовое машиностроение	Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого ПИШ «Распределенные системы управления технологическими процессами»	3,0%
6. Сельскохозяйственное машиностроение	<p>Донской государственный технический университет ПИШ Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш»</p> <p>Национальный исследовательский Томский государственный университет ПИШ «Агробиотек»</p>	6,7%
7. Станкоинструментальная промышленность и тяжелое машиностроение	<p>Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» ПИШ «Материаловедение, аддитивные и сквозные технологии»</p> <p>Псковский государственный университет ПИШ гибридных технологий в станкостроении Союзного государства</p>	6,7%
8. Судостроение	Санкт-Петербургский государственный морской технический университет ПИШ «Судостроение 4.0»	3,0%
9. Химическая промышленность	<p>Казанский национальный исследовательский технологический университет ПИШ «ПромХимТех»</p> <p>«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева ПИШ химического инжиниринга и машиностроения»</p>	6,7%
10. Электронная и электротехническая промышленность	<p>Университет Иннополис ПИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения»</p> <p>Национальный исследовательский университет ИТМО ПИШ ИТМО интердисциплинарного инжиниринга</p> <p>Московский физико-технический институт ПИШ радиолокации, радионавигации и программной инженерии</p> <p>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация»</p> <p>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи» им. А.В. Кобзева</p> <p>Южный федеральный университет ПИШ ЮФУ «Инженерия киберплатформ»</p>	20,0%

Приоритетные направления	ПИШ, имеющие сходную тематику	% участия ПИШ
11. Энергетическая промышленность	<p>Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева ПИШ «Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии»</p> <p>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого ПИШ «Цифровой инжиниринг»</p> <p>Национальный исследовательский Томский политехнический университет ПИШ «Интеллектуальные энергетические системы»</p>	10,0%

В настоящее время в основных отраслях деятельности получили широкое распространение оценки результативности различных систем с учётом значимости определённой совокупности показателей. При этом стоимостные показатели оцениваются, как правило, отдельно от показателей результативности, что не предполагает получения обобщённой оценки полученных результатов и затраченных ресурсов. Для обеспечения комплексного оценивания необходим совместный учёт основных понятий, характеризующий объект исследований.

I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

ГОСТ Р ИСО 9000:2015 устанавливает определения основных понятий, дающих возможность получения комплексной оценки. В первую очередь к ним относятся такие понятия как — результативность и эффективность.

Результативность (*effectiveness*) — степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Эффективность (*effectivus*) — соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами. (ISO 9000:2015) [4].

С учётом этих определений применительно к федеральному проекту «Передовые инженерные школы» можно получить интегральную оценку эффективности, которая учитывает всю совокупность ПИШ — участников проекта.

Под интегральной оценкой эффективности ПИШ будем понимать количественное отношение интегральной оценки результативности реализации ПИШ к уровню финансового обеспечения в целом по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{P}{\Phi}, \quad (1)$$

где P — интегральная оценка результативности деятельности ПИШ;

Φ — интегральный уровень финансового обеспечения ПИШ.

На практике интегральную оценку эффективности определённого множества объектов удобно получить с использованием средних значений основных показателей на заданном множестве объектов (ПИШ).

$$\mathcal{E} = \frac{P_{cp}}{\Phi_{cp}}. \quad (2)$$

Очевидно, что для определения средних значений необходимо получить плановые и фактические оценки основных характеристик результативности и финансового обеспечения.

II. РАСЧЁТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

Результативность

а. Оценка результативности деятельности отдельной j -ой ПИШ — P_j направлена на сравнительный анализ степени достижения плановых значений основных характеристик ПИШ. При этом, принимается условие одинаковой важности всех характеристик ПИШ [5].

$$P_j = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - x_{\text{факт.}i})}{x_i}, \quad (3)$$

где n — количество характеристик, определяющих деятельность ПИШ в отчётном периоде;

x_i — плановое значение i -ой характеристики в отчётном периоде;

$x_{\text{факт.}i}$ — фактическое значение оценки i -ой характеристики.

б. Оценка средней результативности ПИШ одного направления подготовки (технологического направления) — $P_{\text{ср}}$

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^m \left(1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - x_{\text{факт.}i})}{x_i} \right)}{m}, \quad (4)$$

где m — количество ПИШ в одном направлении подготовки (технологическом направлении).

Финансовая обеспеченность

Оценка уровня финансового обеспечения ПИШ:

— уровень финансирования каждой j -ой ПИШ:

$$\Phi_j = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i - \Phi_{\text{факт.}i}}{\Phi_i}, \quad (5)$$

где n — количество статей финансирования ПИШ,

Φ_i — плановое значение финансирования по статье i в отчётном периоде;

$\Phi_{\text{факт.}i}$ — фактическое значение финансирования по статье i в отчётном периоде;

— оценка среднего уровня финансирования ПИШ по направлению подготовки (технологическому направлению) — $\Phi_{\text{ср}}$:

$$\Phi_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^m (\Phi_j)}{m}; \quad (6)$$

где m — количество ПИШ в одном направлении подготовки (технологическом направлении).

— удельная доля финансового обеспечения одной ПИШ относительно суммарных затрат на всю совокупность ПИШ в целом — Φ_j^{y0} :

$$\Phi_j^{y\partial} = \frac{\Phi_j}{\sum_{j=1}^{30} (\Phi_j)}. \quad (7)$$

Эффективность

а. Оценка эффективности отдельной j -ой ПИШ:

$$\mathcal{E}_j = \frac{P_j}{\Phi_j}. \quad (8)$$

б. Оценка среднего уровня эффективности ПИШ по направлению подготовки (технологическому направлению):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^m (\mathcal{E}_j)}{m}, \quad (9)$$

где m — количество ПИШ в одном направлении подготовки (технологическом направлении).

с. Интегральные оценки эффективности совокупности ПИШ по отдельным направлениям подготовки:

— для образовательного направления подготовки ($он$):

$$\mathcal{E}_{он} = \frac{P_{cp}(он)}{\Phi_{cp}(он)}, \quad (10)$$

— для технологического направления ($тн$):

$$\mathcal{E}_{тн} = \frac{P_{cp}(тн)}{\Phi_{cp}(тн)}. \quad (11)$$

III. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ

а. Оценка эффективности деятельности системы передовых инженерных школ по приоритетным направлениям достижения технологического суверенитета.

С целью получения оценки все ПИШ распределены по приоритетным для данных ПИШ направлениям технологического суверенитета (табл. 2).

Оценка эффективности деятельности передовых инженерных школ с группировкой по технологическим направлениям проведена с использованием предложенных выше соотношений.

Оценка результативности проводится в соответствии с характеристиками, показателями, результатами (далее — характеристики) программ развития ПИШ на основе достигнутых значений характеристик в отчетном периоде (2022 г.) и установленных плановых значений. При оценке уровня финансирования использованы данные о выделенном бюджетном финансировании деятельности ПИШ и полученных ими средствах из внебюджетных источников в 2022 г.

Расчёт результативности одной ПИШ выполнялся по формуле (3), средняя результативность (P_{cp}) каждого технологического направления — по формуле (4).

Аналогичные расчёты выполнены для расчёта уровня финансирования (Φ) одной ПИШ, так и среднего уровня финансирования (Φ_{cp}) каждого технологического направления (табл.2). Оценка эффективности (\mathcal{E}) технологических направлений рассчитана в соответствии с (8).

Расчётные значения показателей эффективности ПИШ с группировкой по технологическим направлениям представлены в табл. 3 и на рис. 1. В соответствии с рассчитанными средними значениями результативности (P_{cp}), уровня финансирования (Φ_{cp}) и эффективности (\mathcal{E}) в табл. 3 указаны порядковые номера (рейтинг) технологических направлений при соответствующем ранжировании результатов. Сортировка технологических направлений представлена в соответствии с результатами рейтинговой оценки их эффективности (\mathcal{E}).

Таблица 3

Расчётные значения показателей эффективности ПИШ по приоритетным направлениям достижения технологического суверенитета

№ пп	Приоритетные направления достижения технологического суверенитета	Оценка			Рейтинг			Кол-во ПИШ
		P_{cp}	Φ_{cp}	\mathcal{E}	P_{cp}	Φ_{cp}	\mathcal{E}	
1	Нефтегазовое машиностроение	3,62	1,17	3,10	2	2	1	1
2	Энергетическая промышленность	3,82	1,56	2,45	1	1	2	3
3	Автомобилестроение	1,81	0,80	2,27	4	11	3	1
4	Авиационная промышленность	1,88	1,00	1,88	3	6	4	6
5	Химическая промышленность	1,75	1,00	1,76	6	7	5	2
6	Станко инструментальная промышленность и тяжелое машиностроение	1,62	1,05	1,55	7	4	6	2
7	Электронная и электротехническая промышленность	1,76	1,15	1,53	5	3	7	6
8	Судостроение	1,37	0,90	1,52	9	9	8	1
9	Сельскохозяйственное машиностроение	1,35	0,92	1,47	10	8	9	2
10	Железнодорожное машиностроение	1,51	1,02	1,47	8	5	10	1
11	Медицинская промышленность	1,17	0,83	1,41	11	10	11	3

На рис. 1 представлены соотношения показателей эффективности, результативности и уровня финансирования ПИШ по приоритетным направлениям достижения технологического суверенитета.

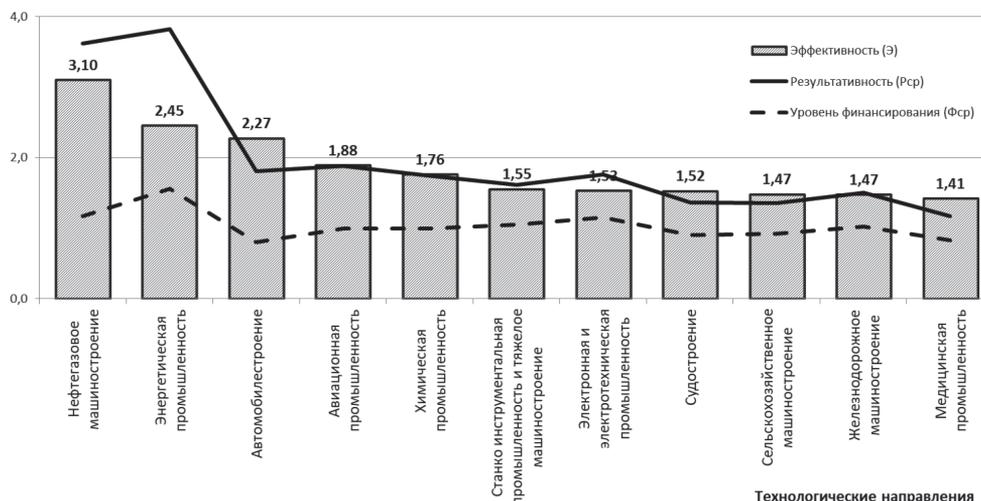


Рис. 1. Распределение показателей ПИШ по приоритетным направлениям достижения технологического суверенитета

Следует отметить, что наибольшую эффективность проявляют ПИШ по приоритетным направлениям:

- нефтегазовое машиностроение (1 ПИШ);
- энергетическая промышленность (3 ПИШ);
- автомобилестроение (1 ПИШ).

Меньшая эффективность ПИШ проявляется в приоритетных технологических направлениях:

- сельскохозяйственное машиностроение (2 ПИШ);
- железнодорожное машиностроение (1 ПИШ);
- медицинская промышленность (3 ПИШ).

б. Оценка эффективности деятельности ПИШ по основным направлениям подготовки.

Оценка эффективности деятельности ПИШ по основным направлениям подготовки выполнена в привязке к укрупненным группам специальностей и направлениям подготовки (УГСН).

Подготовка студентов в каждой ПИШ происходит по нескольким образовательным направлениям. Для формирования групп направлений подготовки использованы данные о приеме на обучение в ПИШ за 2022 г. ПИШ включалась в группу, если по соответствующей УГСН в 2022 г. был набор студентов. Таким образом, одна ПИШ может входить сразу в несколько групп. Для исключения «двойного счета» для ПИШ, входящих в несколько групп, характеристики ПИШ и значения финансовых показателей для каждой группы рассчитаны пропорционально количеству студентов, принятых на обучение по соответствующей УГСН. В 2022 г. прием в ПИШ в целом выполнен по 20 УГСН.

Расчёт результативности, уровня финансирования и эффективности групп выполнен аналогично расчёту для групп технологических направлений. Результаты расчёта представлены в табл. 4 и на рис. 2.

В табл. 4 представлены соотношения показателей эффективности, результативности и уровня финансирования ПИШ по основным направлениям подготовки.

Таблица 4

**Расчётные значения показателей эффективности ПИШ
по основным направлениям подготовки**

№	УГСН	Оценка			Рейтинг			Кол-во студентов	Кол-во ПИШ
		P_{cp}	Φ_{cp}	Ξ	P_{cp}	Φ_{cp}	Ξ		
1	01.00.00 Математика и механика	2,18	1,04	2,09	3	10	1	88	3
2	38.00.00 Экономика и управление	1,25	0,64	1,95	20	20	2	12	1
3	24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника	1,96	1,03	1,90	4	11	3	127	4
4	22.00.00 Технологии материалов	1,71	0,90	1,90	8	17	4	73	5
5	15.00.00 Машиностроение	2,26	1,24	1,82	1	3	5	195	7
6	27.00.00 Управление в технических системах	2,23	1,28	1,74	2	2	6	175	5
7	11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи	1,82	1,07	1,70	6	8	7	219	5
8	09.00.00 Информатика и вычислительная техника	1,88	1,11	1,69	5	5	8	208	8
9	12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии	1,72	1,06	1,62	7	9	9	41	4
10	05.00.00 Науки о земле	1,55	0,96	1,61	10	16	10	13	1
11	19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии	1,32	0,82	1,61	19	19	11	143	2
12	35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство	1,50	0,98	1,53	12	15	12	15	1
13	26.00.00 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта	1,37	0,90	1,52	18	18	13	52	1
14	13.00.00 Электро- и теплоэнергетика	1,65	1,09	1,51	9	6	14	271	6
15	18.00.00 Химические технологии	1,51	1,01	1,49	11	12	15	293	4
16	23.00.00 Техника и технологии наземного транспорта	1,38	1,00	1,38	15	13	16	7	1
17	29.00.00 Технологии легкой промышленности	1,38	1,00	1,38	15	13	16	4	1
18	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы	1,44	1,08	1,33	14	7	18	17	1
19	14.00.00 Ядерная энергетика и технологии	1,46	1,15	1,27	13	4	19	50	2
20	21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия	1,38	1,57	0,88	15	1	20	20	1

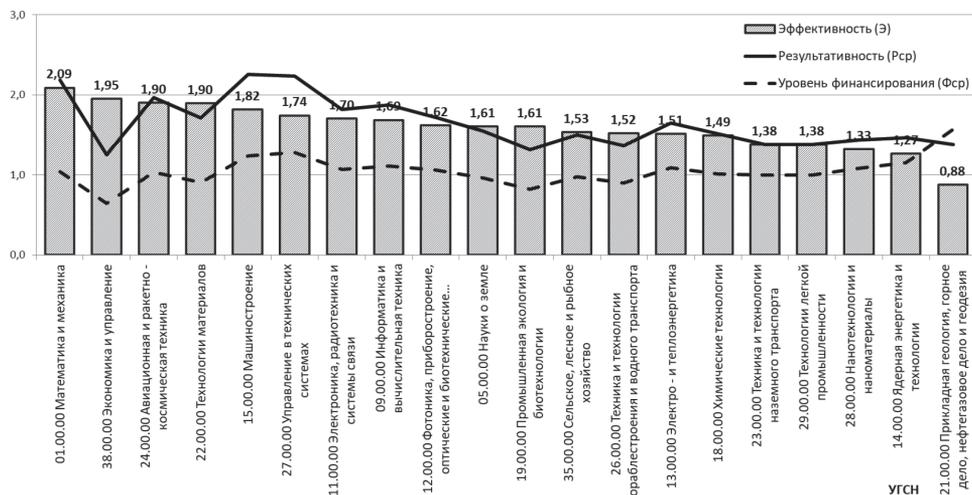


Рис. 2. Распределение показателей ПИШ по направлениям подготовки

На рис. 2 представлены соотношения показателей эффективности, результативности и уровня финансирования ПИШ по основным направлениям подготовки.

Следует отметить, что наибольшую эффективность проявляют ПИШ по направлениям:

- Математика и механика (3 ПИШ);
- 38.00.00 Экономика и управление (1 ПИШ);
- 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника (4 ПИШ).

Меньшая эффективность ПИШ проявляется в направлениях подготовки:

- 28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы (1 ПИШ);
- 14.00.00 Ядерная энергетика и технологии (2 ПИШ);
- 21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия (1 ПИШ).

Полученное распределение УГСН по эффективности реализации образовательных программ ПИШ в следующие годы может отличаться, т.к. количественный состав студентов по УГСН изменится в соответствии с планами приема на обучение.

Еще один вариант анализа эффективности ПИШ по образовательным направлениям предполагает разделение ПИШ по группам, каждая из которых соответствует основному базовому для каждой ПИШ направлению УГСН. В данном случае каждая ПИШ соответствует только одной группе направлений, по которой был осуществлен основной прием студентов в 2022 г. Полученное распределение дополнительно верифицировано по перечню ОП ВО, заявленных ПИШ в своих программах развития.

Результат расчета эффективности по основным базовым направлениям подготовки представлен в табл. 5 и на рис. 3. Можно заметить, что не все УГСН, заявленные ПИШ, составили группы базовых образовательных направлений. Это связано с тем, что помимо базовых образовательных направлений ПИШ осуществляет обучение по другим УГСН, являющимся востребованными для предприятий партнеров.

В табл. 5 представлены соотношения показателей эффективности, результативности и уровня финансирования ПИШ по основным базовым направлениям подготовки.

Таблица 5

**Расчётные значения показателей эффективности ПИШ
по основным базовым направлениям подготовки**

№	УГСН	Оценка			Рейтинг			Кол-во студентов	Кол-во ПИШ
		P_{cp}	Φ_{cp}	Э	P_{cp}	Φ_{cp}	Э		
1	13.00.00 Электро- и теплоэнергетика	2,64	1,09	2,42	2	4	1	123	3
2	11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи	2,38	1,10	2,16	3	3	2	212	4
3	27.00.00 Управление в технических системах	3,60	1,70	2,12	1	1	3	79	2
4	14.00.00 Ядерная энергетика и технологии	1,55	0,74	2,10	8	14	4	30	1
5	22.00.00 Технологии материалов	1,83	0,92	2,00	4	11	5	54	3
6	18.00.00 Химические технологии	1,75	1,00	1,76	5	8	6	272	2
7	19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии	1,29	0,74	1,74	14	13	7	142	2
8	24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника	1,66	1,01	1,64	6	7	8	113	3
9	01.00.00 Математика и механика	1,55	0,96	1,61	9	10	9	75	1
10	35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство	1,50	0,98	1,53	11	9	10	15	1
11	26.00.00 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта	1,37	0,90	1,52	13	12	11	52	1
12	12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии	1,53	1,04	1,47	10	6	12	18	1
13	06.00.00 Биологические науки	1,05	0,72	1,47	15	15	13	10	1
14	15.00.00 Машиностроение	1,45	1,08	1,35	12	5	14	78	2
15	09.00.00 Информатика и вычислительная техника	1,56	1,23	1,27	7	2	15	54	3

При данном варианте выделения групп основных базовых направлений подготовки ПИШ наибольшую эффективность проявляют ПИШ по УГСН:

- 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика (3 ПИШ);
- 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи (4 ПИШ);
- 27.00.00 Управление в технических системах (2 ПИШ).

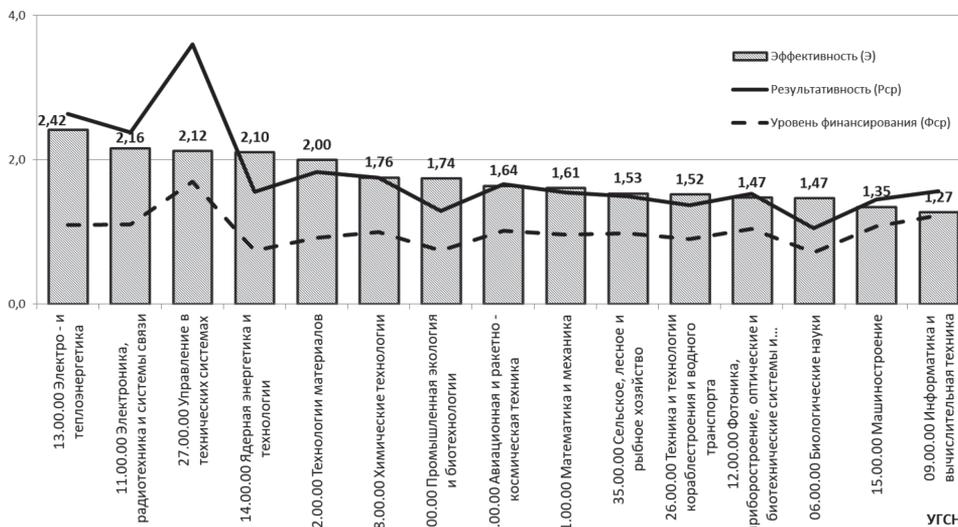


Рис. 3. Распределение показателей ПИШ по основным базовым направлениям подготовки

Меньшая эффективность ПИШ проявляется по УГСН:

- 06.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы (1 ПИШ);
- 15.00.00 Ядерная энергетика и технологии (2 ПИШ);
- 09.00.00 Информатика и вычислительная техника (3 ПИШ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в статье методические подходы к оценке эффективности деятельности ПИШ позволяют провести комплексное оценивание ПИШ по направлениям подготовки в вузах и технологическим направлениям высокотехнологических компаний.

Проведённый анализ эффективности ПИШ по основным показателям направлен на получение оценок распределения показателей ПИШ по приоритетным направлениям достижения технологического суверенитета РФ и укрупнённым группам специальностей и направлений подготовки.

Системная увязка основных показателей ПИШ обеспечивает возможность расширения аналитических исследований механизмов реализации федерального проекта «Передовые инженерные школы».

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2022 г. № 619 «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ».
2. Постановление Совета Федерации федерального собрания Российской Федерации «Об обеспечении научно-технологического развития Российской Федерации в целях достижения технологического суверенитета» от 22 февраля 2023 года № 71-СФ.
3. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2023 года № 603 «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и

проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных проектов, а также о требованиях к организациям, уполномоченным представлять заключения о соответствии проектов требованиям к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации».

4. ГОСТ Р ИСО 9000:2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. ISO 9000:2015 «Quality management systems — Fundamentals and vocabulary».
5. Гусева А.И. Оценка результативности и эффективности сетевых образовательных программ / А.И. Гусева, Е.Б. Весна // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 268.

SYSTEM MECHANISMS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ADVANCED ENGINEERING SCHOOLS IN THE MAIN EDUCATIONAL AND TECHNOLOGICAL AREAS

Karelin Vladimir Petrovich,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Sytnyak Yuri Anatolyevich,
Candidate of Technical Sciences

Alyaeva Yulia Vladimirovna,
Candidate of Technical Sciences

**National Research Nuclear University MEPhI Kashirskoye highway 31, Moscow,
Russian Federation**

Abstract. The article discusses methodological approaches to assessing the effectiveness of advanced engineering schools in the context of individual educational specialties (training areas) and technological areas of high-tech companies. The obtained quantitative estimates of efficiency will allow determining the degree of priority of educational and technological directions of training specialists within the framework of the federal project «Schools of Advanced Engineering Studies». The system mechanisms for evaluating the project are a set of the main characteristics of the PTS, their relationship in educational and technological areas, financial security and feasibility of the project at various stages of the life cycle.

Keywords: Schools of Advanced Engineering Studies, efficiency, high-tech company

Уважаемые авторы!

Издательский отдел Российского профессорского собрания напоминает

Публикации в наших изданиях «Профессорский журнал»
и сборниках статей по результатам форумов являются бесплатными.
Каждой статье в журналах присваивается DOI.

Все издания постатейно размещаются в Научной электронной
библиотеке (НЭБ) и индексируются в базе данных РИНЦ.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ И ИХ ВКЛАДА В ДОСТИЖЕНИЕ УРОВНЯ УСТАНОВЛЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (ПОКАЗАТЕЛЕЙ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ПЕРЕДОВЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ШКОЛЫ»

DOI: 10.18572/2686-8598-2023-6-1-36-47

**Карулин Владимир Петрович,
доктор технических наук, профессор**

**Аляева Юлия Владимировна,
кандидат технических наук**

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)**

Каширское шоссе д.31, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются особенности оценки результативности деятельности передовых инженерных школ (ПИШ) в соответствии с характеристиками (показателями и результатами), которые установлены в паспорте федерального проекта и программах развития ПИШ. Оценки результативности деятельности ПИШ получены путём сопоставления достигнутых значений характеристик с их плановыми значениями.

Результативность каждой ПИШ в достижении установленных уровней характеристик федерального проекта (в расчёте на одну ПИШ) рассматривается как средняя оценка достигнутых значений характеристик по отношению к плановым значениям в отчётном году, а также к их итоговому уровню на завершающем этапе реализации федерального проекта (2030 г.).

Сравнительные оценки результативности ПИШ представлены в виде рейтинговых оценок результатов их деятельности.

Ключевые слова: передовая инженерная школа, высокотехнологичная компания, результативность, характеристики федерального проекта, рейтинг.

Передовые инженерные школы, осуществляющие образовательную, научную, инновационную деятельность в партнёрстве с высокотехнологичными компаниями, являются этапом совершенствования и системной перестройки технологического облика инженерной подготовки. Федеральный проект «Передовые инженерные школы» направлен на подготовку квалифицированных инженерных кадров для высокотехнологичных отраслей экономики¹.

¹ Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2023 года № 603 «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных проектов, а также о требованиях к организациям, уполномоченным представлять заключения о соответствии проектов требованиям к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации»

В 2022 году создано 30 передовых инженерных школ в университетах, отобранных в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2022 г. № 619 «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ» в редакции Постановления Правительства РФ от 11.02.2023 № 196 (далее — Постановление № 619)². По итогам конкурсного отбора 2023 года количество передовых инженерных школ в 2024 году увеличено до 50³.

На основании анализа результатов первого этапа деятельности ПИШ в соответствии с паспортом федерального проекта «Передовые инженерные школы» (далее — ФП), программами развития ПИШ и представленными отчётами о реализации программ развития ПИШ в статье рассмотрены подходы к оценкам результативности⁴ деятельности ПИШ (далее — результативности ПИШ), включающие:

- оценку результативности ПИШ в отчётном периоде (1 год);
- прогнозную оценку результативности ПИШ в достижении итоговых уровней показателей и результатов ФП на 2030 г.

Оценки проводятся в соответствии с характеристиками, показателями, результатами (далее — характеристики) паспорта ФП и программ развития ПИШ на основе достигнутых значений характеристик в отчётном периоде в системе установленных плановых значений.

1. ОЦЕНКИ И ПОКАЗАТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПИШ

Определение результативности ПИШ предусматривает получение для каждой ПИШ или совокупности ПИШ оценок за один год и прогнозных оценок на завершающий этап проекта. При этом рассматриваются не абсолютные значения показателей, а их относительные величины [1] по отношению к заданным плановым значениям.

1.1. Оценки результативности ПИШ

Оценки результативности ПИШ в достижении уровня установленных характеристик федерального проекта представлены в виде рейтинговых оценок их результатов деятельности. Расчёт рейтингов (рейтинговых оценок) с использованием квартилей [2] позволяет расширить диапазон достигнутых значений показателей каждой ПИШ с точки зрения получения обобщённой оценки и качественного представления результатов деятельности ПИШ.

Механизм расчёт рейтингов с использованием квартилей включает в свой состав исходные данные и порядок расчёта:

- а. исходные данные:
 - количество ПИШ (l);
 - количество характеристик ПИШ (k);
 - фактические значения характеристик ПИШ в отчётном периоде (t) — $x_k^i(t)$, где $i = 1 \dots l$, $k = 1 \dots K$;

² Постановление Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2022 г. № 619 «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ».

³ Протокол заседания Совета по грантам на оказание государственной поддержки создания и развития передовых инженерных школ от 8 декабря 2023 г. № ВФ/72-ПР // Передовые инженерные школы. Документы, 2023. URL: <https://engineers2030.ru/documents/>.

⁴ Результативность (*effectiveness*) — степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

- плановые значения характеристик ПИШ в отчётном периоде (t) — $k \dot{p} ()$;
 - в. порядок расчёта:
 - расчёт значений P_k^i — отношение достигнутого уровня характеристики k в отчётном периоде (t) к её плановому значению для i -ой ПИШ;
 - расчёт квартилей;
 - присвоение рейтинговых баллов в соответствии со значениями P_k^i по каждой k -ой характеристике i -ой ПИШ.
- Рейтинговые баллы b_k^i , представляющие собой бальную оценку k -ой характеристики i -ой ПИШ, определяются в зависимости от результатов попадания значений P_k^i в тот или иной квартиль (рис. 1).

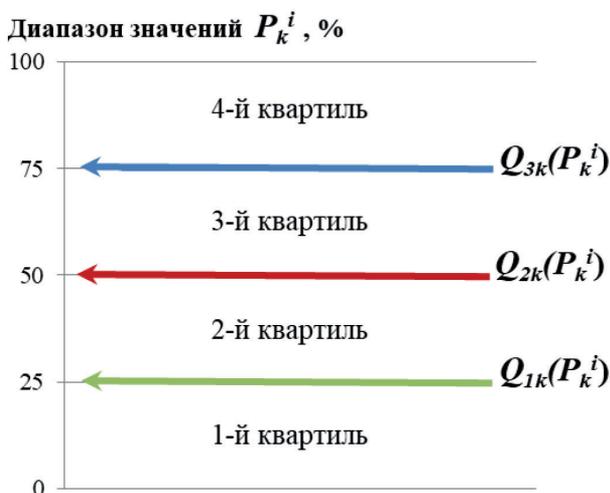


Рисунок 1. Распределение диапазона расчётных значений P_k^i по квартилям

После расчёта значений P_k^i всех ПИШ по каждой оцениваемой k -ой характеристике осуществляется их ранжирование (упорядочивание) и определяются граничные значения $Q_{1k}(P_k^i)$, $Q_{2k}(P_k^i)$, $Q_{3k}(P_k^i)$, разделяющие квартили (рис.1). При этом 50- и процентное разделение значений всех P_k^i для каждой k -ой характеристики определяется как среднее арифметическое по P_k^i :

$$Q_{2k}(P_k^i) = \frac{\sum_{i=1}^I P_k^i}{I}, \quad (1)$$

25-ти и 75-ти процентные границы вычисляются по формулам:

$$Q_{1k}(P_k^i) = 0,5 \times Q_{2k}(P_k^i), \quad (2)$$

Правило присвоения рейтинговых баллов в соответствии со значениями P_k^i по каждой k -ой характеристике i -ой ПИШ:

$b_k^i = 4$ балла при $P_k^i \geq Q_{3k}(P_k^i)$ (попадание в 4-й квартиль);

$b_k^i = 3$ балла при $Q_{3k}(P_k^i) > P_k^i \geq Q_{2k}(P_k^i)$ (попадание в 3-й квартиль);

$b_k^i = 2$ балла при $Q_{2k}(P_k^i) > P_k^i \geq Q_{1k}(P_k^i)$ (попадание во 2-й квартиль);
 $b_k^i = 1$ балл при $Q_{1k}(P_k^i) > P_k^i > 0$ (попадание в 1-й квартиль).

При нулевом плановом значении k -ой характеристики в отчётном (t) периоде i -ой ПИШ, то есть $x_{k\,b}^i(t) = 0$, значение P_k^i условно считается равным нулю, при этом разделяются события с нулевым и ненулевым фактическим значением k -ой характеристики:

$b_k^i = 1$ балл, при $x_{k\,b}^i(t) = 0$ и $x_{k\,b}^i(t) = 0$ (событие приравнивается к попаданию P_k^i в 1-й квартиль);

$b_k^i = 0$ баллов при $x_{k\,b}^i(t) = 0$ и $x_{k\,b}^i(t) = 0$ (баллы не присваиваются).

1.2 Основные показатели результативности ПИШ

Достоинством рейтинговых оценок является возможность применения относительных показателей P_k^i (текущее значение показателя относительно его планового значения), что позволяет получить оценку ПИШ из одного массива данных по текущему уровню достижения плановых значений на отдельном периоде (совокупности плановых временных периодов), а также определить текущую степень достижимости плановых значений показателей по всему процессу в целом.

Показатель достижения i -ой ПИШ планового значения характеристики

$$R_n^i = \frac{x_n^i(t)}{x_{n\,b}^i(t)}, \quad i = 1 \dots l, \quad n = 1 \dots N, \quad (3)$$

где l — общее количество ПИШ ($l = 30$);

N — общее количество характеристик в программах развития ПИШ;

$x_n^i(t)$ — достигнутое (фактическое) значение n -ой характеристики в отчётном (t) периоде i -ой ПИШ;

$x_{n\,b}^i(t)$ — плановое значение n -ой характеристики в отчётном (t) периоде i -ой ПИШ.

Показатель обобщённой результативности i -ой ПИШ определяется как средний балл (среднее арифметическое рейтинговых баллов) по всем оцениваемым характеристикам:

$$R^i = \frac{\sum_{n=1}^N k_n b_n^i}{N}, \quad (4)$$

где k_n — весовой коэффициент значимости n -ой характеристики, требующий экспертного уточнения (в данной статье не рассматривается);

b_n^i — бальная оценка n -ой характеристики i -ой ПИШ.

Показатель обобщённой результативности i -ой ПИШ определяется с использованием механизма расчёта рейтинговых баллов.

После расчёта показателей достижимости каждой ПИШ плановых значений по формуле (3), осуществляется ранжирование (упорядочивание) результатов, вычисление граничных значений $Q_{1n}(R_n^i)$, $Q_{3n}(R_n^i)$, $Q_{3n}(R_n^i)$ (формулы (1) и (2)), разделяющих квартили и определение попадания n -ой характеристики i -ой ПИШ в один из квартилей с присвоением рейтингового балла b_n^i (балльная оценка n -ой характеристики i -ой ПИШ).

Показатель достижения i -ой ПИШ итогового уровня характеристики (2030 г.) определяется как отношение достигнутого уровня характеристики в отчётном периоде (t) к ее плановому значению в заключительном году действия ФП — 2030 г. (вклад ПИШ в достижение планового значения оцениваемой характеристики):

$$V_m^i = \frac{x_m^i(t)}{x_{m\text{ п. ф.}}^i(2030)}, i=1\dots I, m=1\dots M, \quad (5)$$

где I — общее количество ПИШ;

M — общее количество оцениваемых характеристик, установленных в паспорте ФП;

$x_m^i(t)$ — достигнутое значение m -ой характеристики в отчётном (t) периоде i -ой ПИШ;

$x_{m\text{ п. ф.}}^i(2030)$ — плановое значение m -ой характеристики i -ой ПИШ в паспорте ФП в 2030 году. В паспорте федерального проекта (разделы 3, 5 и 6) установлены плановые значения характеристик.

Показатель обобщённого вклада ПИШ в достижение итоговых уровней характеристик федерального проекта (2030 г.)

Оценка обобщённого вклада ПИШ в достижении итоговых уровней характеристик ФП (2030г.) также проводится с использованием механизма расчёта рейтинговых баллов, аналогично расчёту обобщённой результативности ПИШ. Исходными данными являются результаты расчёта вклада ПИШ по каждой оцениваемой характеристике V_m^i , формула (5).

Обобщённый вклад ПИШ в достижение итоговых уровней характеристик федерального проекта (2030 г.) (V^i) определяется как средний рейтинговый балл (среднее арифметическое) по всем оцениваемым характеристикам:

$$V^i = \frac{\sum_{m=1}^M k_m b_m^i}{M}, \quad (6)$$

где k_m — весовой коэффициент значимости m -ой характеристики, требующий экспертного уточнения (в данной статье не рассматривается);

b_m^i — количество баллов i -ой ПИШ по m -ой оцениваемой характеристике.

2. РЕЙТИНГОВОЕ ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПИШ

Оценка результативности ПИШ может проводиться по результатам, полученным по итогам одного года, нескольких лет и результатам выполнения проекта в целом с использованием механизма расчёта рейтинговых баллов.

2.1. Характеристики оценивания результативности ПИШ

В программах развития ПИШ указаны 13 характеристик, отражающих результаты, в целях достижения которых предоставляются гранты⁵. Для расчета результативности ПИШ за 2022 г. используются только 10 характеристик (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики оценивания результативности деятельности ПИШ в 2022 г.

№ пп	Усл. обозн.	Наименование характеристики
1	ПР(ПИШ2)	Проведение повышения квалификации и (или) профессиональной переподготовки, в том числе в форме стажировки на базе высокотехнологичных компаний, управленческих команд и ППС ПИШ и образовательных организаций ВО, реализующих ОП инженерного профиля по специальностям и направлениям подготовки ВО для подготовки инженерных кадров (нарастающим итогом)
2	ПР(ПИШ3)	Прохождение студентами, осваивающими программы магистратуры («технологическая магистратура»), практик и (или) стажировок вне рамок образовательного процесса, в том числе в формате работы с наставниками, за счёт предоставленных грантов (нарастающим итогом)
3	p1(а)	Количество разработанных и внедрённых новых ОП ВО для опережающей подготовки инженерных кадров и дополнительных профессиональных программ по актуальным научно-технологическим направлениям и «сквозным» цифровым технологиям, обеспеченных интерактивными комплексами опережающей подготовки (нарастающим итогом)
4	p2(б)	Увеличение числа обучающихся по ОП ВО для опережающей подготовки инженерных кадров и дополнительным профессиональным программам по актуальным научно-технологическим направлениям и «сквозным» цифровым технологиям ПИШ за счёт развития сетевой формы обучения в образовательных организациях, в которых не созданы ПИШ
5	p3(в)	Количество инженеров, прошедших обучение по программам ДПО в ПИШ (нарастающим итогом)
6	p4(г)	Количество обучающихся, прошедших обучение в ПИШ по ОП ВО и дополнительным профессиональным программам, трудоустроившихся в российские высокотехнологичные компании и на предприятия (нарастающим итогом)

⁵ Постановление Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2022 г. № 619 «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ»

№ пп	Усл. обозн.	Наименование характеристики
7	р5(д)	Количество созданных на базе ПИШ специальных образовательных пространств (научно-технологические и экспериментальные лаборатории, опытные производства, оснащённые современным высокотехнологичным оборудованием, высокопроизводительными вычислительными системами и специализированным прикладным программным обеспечением, цифровые, «умные», виртуальные (кибер-физические) фабрики, интерактивные комплексы опережающей подготовки инженерных кадров на основе современных цифровых технологий) (нарастающим итогом)
8	р6(е)	Отношение внебюджетных средств к объёму финансового обеспечения программы развития ПИШ, предусмотренного на создание ПИШ в партнёрстве с высокотехнологичными компаниями и поддержку указанной программы за счёт средств федерального бюджета
9	р7(ж)	Объём финансирования, привлечённого ПИШ на исследования и разработки в интересах бизнеса (нарастающим итогом)
10	р9(и)	Количество студентов, прошедших практику и (или) стажировку вне рамок образовательного процесса, в том числе в формате работы с наставниками, обучающихся по программам магистратуры технологического профиля (нарастающим итогом)

В расчётах не использовались характеристики ПР(ПИШ1), р8(з), р10(к) поскольку их значения являются: одинаковыми для всех ПИШ; относятся к вузу в целом; деятельность ПИШ не характеризуют или характеризуют косвенно; введены в программы развития только в 2023 г. (в последующем будут использоваться).

2.2. Рейтинговые оценки результативности ПИШ в 2022 г.

Рейтинговые оценки результативности ПИШ в 2022 г. рассчитываются как средние арифметические значения рейтинговых баллов по всем оцениваемым характеристикам ПИШ. Расчёты проведены с использованием формул (1) — (4). Пример рейтинговых оценок результативности условных ПИШ по показателям 2022 г. представлен в табл.2 и на рис.2.

Наибольшее среднее арифметическое (табл.2, столбец «Обобщённая результативность») соответствует высшему итоговому среднему рейтинговому баллу, равному 1.

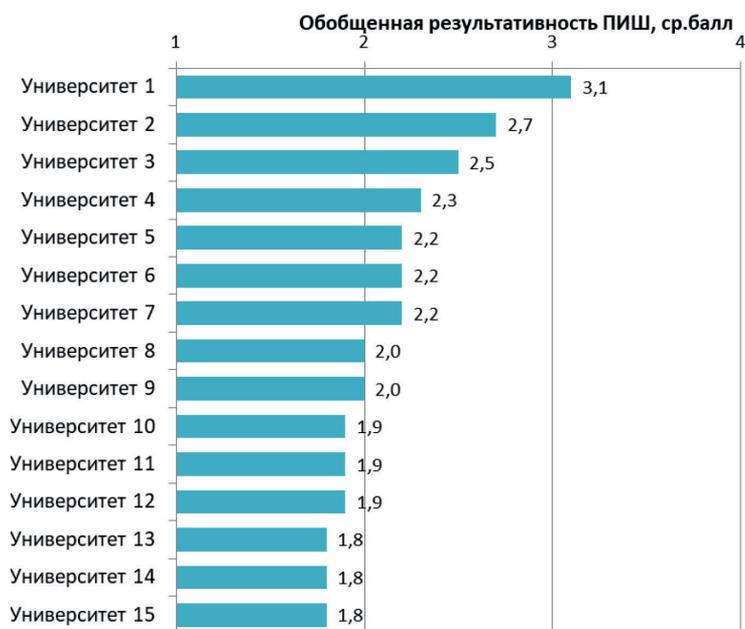


Рисунок 2. Результаты оценки обобщённой результативности условных ПИШ в 2022 г.

Таблица 2

Пример рейтинговых оценок результативности условных ПИШ по показателям 2022 г.

№ пп	вуз ПИШ	Рейтинговые баллы по характеристикам программ развития ПИШ:										Сумма баллов	Обобщённая результативность R^i (средний балл)	Итоговый рейтинговый балл
		ПР (ПИШ2)	ПР (ПИШ3)	р1(а)	р2(б)	р3(в)	р4(г)	р5(д)	р6(е)	р7(ж)	р9(и)			
1	Университет 1	4	3	1	4	2	4	4	4	3	2	31	3,1	1
2	Университет 2	2	2	2	0	4	4	3	4	4	2	27	2,7	2
3	Университет 3	2	4	4	0	4	0	4	2	3	2	25	2,5	3
4	Университет 4	2	2	2	4	2	0	3	4	2	2	23	2,3	4
5	Университет 5	4	2	4	0	1	0	0	4	4	3	22	2,2	5
6	Университет 6	1	2	2	4	2	0	3	2	2	4	22	2,2	5
7	Университет 7	1	2	3	4	1	4	1	2	2	2	22	2,2	5
8	Университет 8	1	4	1	0	1	0	3	4	2	4	20	2,0	8
9	Университет 9	1	4	1	0	1	4	4	1	1	3	20	2,0	8
10	Университет 10	3	3	2	1	0	0	3	1	3	3	19	1,9	10
11	Университет 11	3	2	1	4	0	0	3	2	2	2	19	1,9	10
12	Университет 12	1	1	4	0	2	4	1	2	2	2	19	1,9	10
13	Университет 13	4	2	4	0	0	0	1	2	3	2	18	1,8	13
14	Университет 14	4	1	2	0	2	0	1	3	2	3	18	1,8	13
15	Университет 15	3	3	2	0	1	0	1	1	4	3	18	1,8	13

3. ОЦЕНКА ВКЛАДА ПИШ В ДОСТИЖЕНИЕ ИТОВОГОВЫХ УРОВНЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА (2030 Г.)

3.1. Характеристики оценивания вклада ПИШ

Выбор оцениваемых характеристик для расчёта вклада ПИШ в достижение плановых результатов ФП (2030 г.) проведён из числа характеристик в разделах 3, 5 и 6 паспорта ФП. Для оценки вклада ПИШ в достижение плановых результатов ФП (2030 г.) по итогам 2022 г. использовалось 8 характеристик, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики ПИШ для оценки достижения плановых результатов ФП по итогам 2022 г.

№ пп	Наименование характеристики, раздел
1	Объём финансирования, привлечённого ПИШ на исследования и разработки (ИИР) в интересах бизнеса, раздел 3, п. 1.1
2	Увеличение числа обучающихся по программам опережающей подготовки инженерных кадров ПИШ за счёт развития сетевой формы обучения, реализуемых образовательными организациями, в которых не созданы ПИШ, раздел 3, п. 2.2
3	Количество выпускников ПИШ, прошедших обучение по ОП ВО и ДПО, трудоустроившихся в российские ВТК и предприятия, раздел 3, п. 3.1
4	Количество инженеров, прошедших обучение по программам ДПО в ПИШ, раздел 3, п.3.3
5	Проведено повышение квалификации и/или профессиональная переподготовка, в том числе в форме стажировки на базе ВТК для ППС и управленческих команд ПИШ и иных образовательных организаций ВО, раздел 5, п. 2.1
6	Студенты магистерских программ («технологическая магистратура») прошли практики и стажировки, в том числе в формате работы с наставниками, за счет предоставленных грантов, раздел 5, п. 3.1
7	Объём финансового обеспечения. Внебюджетные источники финансирования, всего, раздел 6, п. 1.1.5
8	Объём финансового обеспечения. Внебюджетные источники финансирования, всего, раздел 6, п. 3.1.5

Для удобства представления характеристик ФП приняты следующие обозначения: в скобках указывается раздел ФП и номер позиции характеристики в разделе, например: (3)1.1 — раздел 3, п. 1.1.

Другие характеристики, установленные в разделах 3, 5 и 6 паспорта ФП не используются при расчёте по одной из нижеследующих причин: не является результатом деятельности ПИШ; нулевые фактические значения у всех ПИШ; значения одинаковые для всех ПИШ; относится к вузу в целом, деятельность ПИШ не характеризует или характеризует косвенно.

3.2. Результаты рейтинговой оценки вклада ПИШ в достижение итоговых уровней характеристик федерального проекта (2030 г.)

Результаты оценки вклада ПИШ в 2022г. в достижение плановых значений оцениваемых характеристик в заключительном году действия ФП — 2030 г. рассчитаны с использованием формулы (5).

Обобщённый вклад ПИШ рассчитывался как среднее арифметическое рейтинговых баллов по всем оцениваемым характеристикам, формула (6). Пример рейтинговых оценок вклада условных ПИШ в 2022 г в достижение итоговых уровней характеристик ФП (2030г.) представлены в табл. 4 и на рис.3.

Таблица 4

Пример рейтинговых оценок вклада условных ПИШ в 2022 г. в достижение итоговых уровней характеристик ФП (2030 г.)

№ пп	вуз ПИШ	Рейтинговые баллы по характеристикам ФП:								Сумма баллов	Обобщённый вклад V (средний балл)	Итоговый рейтинговый балл
		(3) 1.1	(3)2.2	(3)3.1	(3)3.3	(5)2.1	(5)3.1	(6)1.1.5	(6)3.1.5			
1	Университет 1	3	4	4	2	2	2	4	2	23	2,88	1
2	Университет 2	4	0	4	4	2	1	4	2	21	2,63	2
3	Университет 3	2	4	0	3	4	4	2	2	21	2,63	2
4	Университет 4	3	4	4	2	2	1	1	2	19	2,38	4
5	Университет 5	2	0	0	4	4	2	3	3	18	2,25	5
6	Университет 6	3	0	4	2	3	1	2	2	17	2,13	6
7	Университет 7	3	0	0	1	4	1	4	3	16	2,00	7
8	Университет 8	3	0	4	1	2	3	1	2	16	2,00	7
9	Университет 9	3	0	0	1	1	2	4	3	14	1,75	9
10	Университет 10	1	0	0	2	2	2	4	2	13	1,63	10

№ пп	вуз ПИШ	Рейтинговые баллы по характеристикам ФП:								Сумма баллов	Обобщённый вклад V (средний балл)	Итоговый рейтинговый балл
		(3)1.1	(3)2.2	(3)3.1	(3)3.3	(5)2.1	(5)3.1	(6)1.1.5	(6)3.1.5			
12	Университет 12	2	0	0	4	1	2	1	2	12	1,50	12
13	Университет 13	3	0	0	2	1	1	3	2	12	1,50	12
14	Университет 14	3	0	0	2	1	1	3	2	12	1,50	12
15	Университет 15	4	0	0	0	1	1	4	2	12	1,50	12

Обобщенный вклад ПИШ , ср. балл

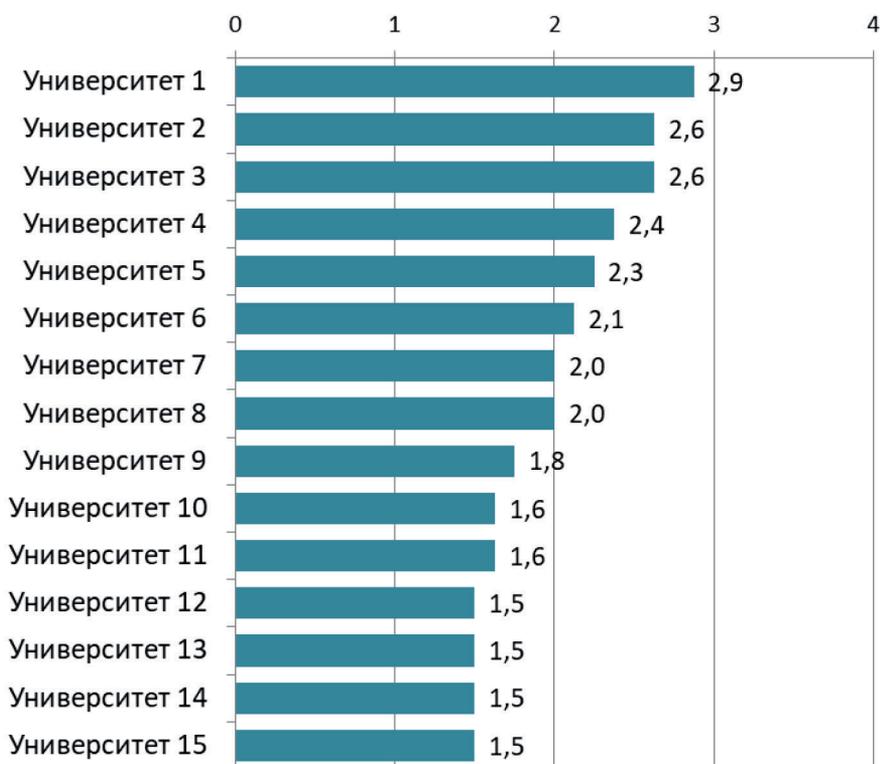


Рисунок 3. Результаты оценки обобщённого вклада условных ПИШ в 2022 г. в достижение итоговых уровней (2030 г.) характеристик ФП

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в статье методические подходы к оценке результативности деятельности ПИШ и их вклада в достижение уровня установленных характеристик федерального проекта «Передовые инженерные школы» позволяют провести комплексное оценивание результативности ПИШ.

Системная увязка основных характеристик ПИШ обеспечивает возможность расширения аналитических исследований механизмов реализации федерального проекта «Передовые инженерные школы». Проведённый анализ показал предпочтительность рейтинговых оценок, которые расширяют диапазон достигнутых значений каждой ПИШ с точки зрения получения устойчивых обобщённых оценок деятельности ПИШ.

Полученные оценки результативности ПИШ и их вклада в достижение итоговых уровней характеристик федерального проекта «Передовые инженерные школы» (2030 г.) базируются на сопоставлении достигнутых значений характеристик с их плановыми значениями определёнными паспортом федерального проекта «Передовые инженерные школы», программами развития ПИШ и представленными отчётами о реализации программ развития ПИШ.

Список литературы

1. Гусева А.И. Оценка результативности и эффективности сетевых образовательных программ / А.И. Гусева, Е.Б. Весна // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 268.
2. Елисеева И.И. Общая теория статистики / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев. Москва : Финансы и статистика, 2006. 656 с.

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF ADVANCED ENGINEERING SCHOOLS AND THEIR CONTRIBUTION TO ACHIEVING THE LEVEL OF ESTABLISHED CHARACTERISTICS (INDICATORS) OF THE FEDERAL PROJECT "ADVANCED ENGINEERING SCHOOLS"

Karelin Vladimir Petrovich,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Alyaeva Yulia Vladimirovna,
Candidate of Technical Sciences

***National Research Nuclear University MEPHI Kashirskoye highway 31,
Moscow, Russian Federation***

Abstract. The article examines the features of evaluating the performance of Schools of Advanced Engineering Studies (SAES) in accordance with the characteristics (indicators and results) that are set out in the passport of the federal project and development programs of the SAES. Estimates of the effectiveness of the Company's activities are obtained by comparing the achieved values of the characteristics with their planned values.

The effectiveness of each SAES in achieving the established levels of characteristics of the federal project (per SAES) is considered as an average assessment of the achieved values of characteristics in relation to the planned values in the reporting year, as well as to their final level at the final stage of the federal project (2030).

Comparative estimates of the effectiveness of SAES are presented in the form of ratings of the results their activities.

Keywords: schools of Advanced Engineering Studies, high-tech company, performance, characteristics of the federal project, rating.

Руководство для авторов

1. Материалы представляются в электронном виде (в формате Word 7.0 или поздней версии) на электронный адрес редакции: opra@mephi.ru (в копии с redactor@profsobranie.ru) (текст — через 1,5 интервала, кегль шрифта — 14, с подписью автора на последней странице; сноски постраничные, в конце каждой страницы, обозначения арабскими цифрами). Объем материала не должен превышать 10 страниц, что соответствует 20 000 знаков (с учетом сносок и пробелов) (далее — Статья).

2. Статья должна содержать следующие элементы, оформленные в соответствии с требованиями журнала:

- а) индекс УДК и ББК (присваивается в соответствии с классификатором);
- б) название на русском и английском языках;
- в) сведения об авторе: фамилия, имя, отчество (в развернутом виде), должность, место работы, ученая степень, ученое звание на русском и английском языках;
- г) аннотацию на русском и английском языках;
- е) ключевые слова на русском и английском языках;
- ф) служебный адрес, актуальный адрес электронной почты для опубликования в журнале;
- о) контактный номер телефона;

3. Кроме того, автор представляет только на русском языке пристатейный библиографический список (этот список составляется в алфавитном порядке из названий научных источников, приведенных в ссылках по тексту статьи). Пристатейный библиографический список содержится непосредственно в тексте рукописи.

Библиографический список должен содержать полную информацию об издании, на которое идет ссылка, в том числе:

- для периодических изданий: автор, наименование материала, наименование журнала, номер, год, диапазон страниц;
- для книг: автор, наименование, издательство, город, год, общее количество страниц;
- для источника на иностранном языке: автор, наименование, издательство, город, год, общее количество страниц;
- для электронного источника (кроме ссылки), необходимо указать: автора, наименование материала, дату обращения;
- нормативно-правовые акты не отображаются в списке литературы (только в сносках).

Данные, представляемые в редакцию в соответствии с настоящим пунктом, будут размещены в РИНЦ.

4. Просим авторов, перед отправлением Статьи, проверить текст в системе Антиплагиат, подписать отчет и направить в редакцию. Минимальный процент оригинального текста должен быть не ниже 70%.

5. Статьи, не соответствующие указанным в настоящем объявлении требованиям, к рассмотрению и рецензированию не принимаются.

6. Просим авторов тщательно проверять перед отправкой в журнал общую орфографию Статей, а также правильность написания соответствующих научных терминов и наличие необходимой информации.

7. Электронный вариант Статьи и сопроводительные документы предоставляются в Редакцию по e-mail: redactor@profsobranie.ru.

**При возникновении вопросов, связанных с оформлением материалов,
можно обращаться в редакцию по телефону 8 (495) 136-57-29
или по e-mail: opra@mephi.ru, redactor@profsobranie.ru.**