

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
«ПЕРЕДОВЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ШКОЛЫ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

КАТАЛОГ КАНДИДАТОВ В ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ «ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ»



МИНОБРНАУКИ
РОССИИ



НИЯУ

МИФИ



Передовые
инженерные
школы

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Методический центр «Передовые инженерные школы»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.

КАТАЛОГ КАНДИДАТОВ
В ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ
«ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ»

Москва 2024

УДК 377.09:62
ББК 74.5:30-1
К 29

Каталог кандидатов в лучшие практики «Передовых инженерных школ». – М.: НИЯУ МИФИ, 2024. – 120 с.

Представленный документ отражает результаты работы Методического центра «Передовые инженерные школы» Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (МЦ ПИШ) в рамках Федерального проекта «Передовые инженерные школы» по подбору наилучших практик передовых инженерных школ для совершенствования инженерного образования. В документе приведены практики, признанные после анализа «кандидатами в лучшие практики», способные повысить эффективность деятельности передовых инженерных школ и поднять уровень подготовки выпускников. Этот документ служит частью методических рекомендаций МЦ ПИШ НИЯУ МИФИ, направленных на обмен опытом между инженерными школами и усиление взаимодействия с промышленными партнерами. Представленные практики являются ключевым инструментом для обогащения образовательного процесса и обеспечения соответствия требованиям современной индустрии.

Составители: Тихомиров Г.В., Рыжов С.Н., Стручалин П.Г.

ISBN 978-5-7262-3042-9

© Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», 2024

Корректор *Т.В. Волвенкова*

Подписано в печать 11.03.2024. Формат 60×84 1/16.
Уч.-изд. л. 7,5. Печ. л. 7,5. Изд. № 001-3. Тираж 100 экз. Заказ № 7.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».
Типография НИЯУ МИФИ.
115409, Москва, Каширское ш., 31.

Оглавление

Аббревиатуры и сокращения	5
Введение	8
1. Цели и задачи МЦ ПИШ и данного документа	9
1.1. Методы сбора данных.....	10
1.2. Приоритезация кандидатов лучших практик ПИШ.....	10
2. Лучшие практики	11
2.1. Организация приема и работа со школьниками и будущими абитуриентами.....	12
2.1.1. Российский опыт	13
2.1.2. Международный опыт	18
2.1.3. Практики ПИШ	20
2.2. Практики организации образовательного процесса	27
2.2.1. Российский опыт	27
2.2.2. Международный опыт	31
2.2.3. Практики ПИШ	35
2.3. Организация научно-исследовательской работы студентов.....	47
2.3.1. Российский опыт	47
2.3.2. Международный опыт	48
2.3.3. Практики ПИШ	50
2.4. Организация практик и стажировок студентов.....	54
2.4.1. Российский опыт	54
2.4.2. Международный опыт	55
2.4.3. Практики ПИШ	57
2.5. Специальные образовательные пространства	60
2.5.1. Международный опыт реализации практик специальных образовательных пространств	60
2.5.2. Опыт реализации практик специальных образовательных пространств в Передовых инженерных школах.....	67
2.5.3. Анализ соответствия направлений реализации практик специального образовательного пространства в Передовых инженерных школах и международных и Российских трендов	72

2.6. Взаимодействие с индустриальными партнерами и привлечение внебюджетного финансирования.....	73
2.6.1. Российский опыт	74
2.6.2. Международный опыт	78
2.6.3. Практики ПИШ	87
2.7. Внеучебное взаимодействие со студентами.....	95
2.7.1. Российский опыт	95
2.7.2. Международный опыт	97
2.7.3. Практики ПИШ	100
Заключение	105
Список литературы	109

Аббревиатуры и сокращения

CRL	– уровень рыночной готовности и коммерциализации (англ. Commercialization Readiness Level)
ECTS	– европейская система зачетных единиц (англ. European credit transfer system)
MRL	– уровень производственной готовности (англ. Manufacturing Readiness Level)
MVP	– минимально жизнеспособный продукт (англ. minimum viable product)
TRL	– уровень готовности технологии (англ. Technology Readiness Level)
VR	– виртуальная реальность (англ. Virtual reality)
АКАС	– аппаратный комплекс атомной станции
ВГАУ	– Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I
ВДЦ	– всероссийский детский центр
ВКР	– выпускная квалификационная работа
ВПО	– высшее профессиональное образование
ВУЗ	– высшее учебное заведение
ГАК	– государственная аттестационная комиссия
ГК	– государственная корпорация
ДФУ	– Дальневосточный федеральный университет
ДГТУ	– Донской государственный технический университет
ДПО	– дополнительное профессиональное образование
ЕГЭ	– единый государственный экзамен
ИОТ	– индивидуальная образовательная траектория
ИП	– индустриальный партнер
ИРНТУ	– Иркутский национальный исследовательский технический университет
ИТ	– информационные технологии
КНИТУ	– Казанский национальный исследовательский технологический университет
КФУ	– Казанский (Приволжский) федеральный университет

МАДИ	– Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
МАИ	– Московский авиационный институт
МГСУ	– Московский государственный строительный университет
МГТУ им. Н.Э. Баумана	– Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
МГУ им. М.В. Ломоносова	– Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
МООК	– массовый открытый онлайн-курс
МФТИ	– Московский физико-технический институт
МЦПИШ	– методический центр «Передовые инженерные школы»
НГТУ им. Алексеева	– Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева;
НИОКР	– научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа
НИР	– научно-исследовательские работы
НИРС	– научно-исследовательская работа студента
НИТУ «МИСиС»	– Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
НИУ МИЭТ	– Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
НИУ МЭИ	– Национальный исследовательский университет «МЭИ»
НИЯУ МИФИ	– Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
НовГУ	– Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого
ОКР	– опытно-конструкторские работы
ООО	– общество с ограниченной ответственностью
ПАО	– публичное акционерное общество
ПГУ	– Псковский государственный университет
ПИШ	– передовая инженерная школа
ПНИПУ	– Пермский национальный исследовательский политехнический университет
ПО	– программное обеспечение
ППС	– профессорско-преподавательский состав

РГУНГ им. И.М. Губкина	– Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина
РНИМУ им. Н.И. Пирогова	– Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова
РТУ МИРЭА	– Российский технологический университет «МИРЭА»
РУТ (МИИТ)	– Российский университет транспорта (МИИТ)
РХТУ им. Д.И. Менделеева	– Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева
СКБ	– студенческое конструкторское бюро
СОП	– специальное образовательное пространство
СПбГМТУ	– Санкт-Петербургский государственный морской технический университет
СПбГУ	– Санкт-Петербургский государственный университет
СПбГЭТУ ЛЭТИ	– Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
СПбПУ Петра Великого	– Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
СПО	– среднее профессиональное образование
ТГУ	– Национальный исследовательский Томский государственный университет
ТПУ	– Национальный исследовательский Томский политехнический университет
ТУСУР	– Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
УрФУ	– Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
ФП ПИШ	– федеральный проект «Передовые инженерные школы»
ЮФУ	– Южный федеральный университет

ВВЕДЕНИЕ

Для поддержания конкурентоспособности, эффективности и экономической целесообразности все предприятия должны соответствовать технологическим и экономическим трендам. Такое соответствие обеспечивается периодическими и своевременными модернизациями предприятий, включающими в себя: замену оборудования на современные аналоги, ввод новых технологических мощностей, совершенствование применяемых технологий и методов производства, совершенствование методов управления и т.д. Тем не менее, наиболее важным этапом поддержания работоспособности и эффективности предприятия является обеспечение предприятия квалифицированными кадрами, способными эффективно и полноценно использовать оборудование и ресурсы. Кадровый вопрос наиболее критичен для инженерных производств, в связи с большим числом требований к компетенциям, навыкам и знаниям инженеров, востребованных для такого производства.

Совместно с развитием инженерной науки в практической плоскости инженерии разрабатываются новые технологии производства, оборудование и специальное программное обеспечение, что приводит к необходимости совершенствования образовательной программы будущих инженеров. Даже в отдельной отрасли инженерии функционирует большое число организаций технологии производства, оборудование и программное обеспечение которых значительно различается. Таким образом, отдельным организациям необходим различный набор компетенций у выпускников одной специальности, что приводит к длительному периоду дополнительного обучения нового сотрудника. Кроме того, программа обучения высших учебных заведений не всегда соответствует технологическим трендам, что снижает актуальность навыков и знаний выпускников.

С целью решения данной проблемы, в 2022 году в Российской Федерации был запущен Федеральный проект «Передовые инженерные школы» (ФП ПИШ) [1], сутью которого является создание отдельных структур передовых инженерных школ на базе крупнейших отечественных инженерных вузов для современной подготовки и насыщения кадрами инженерных организаций Российской Федерации. Значительной особенностью ПИШ является полно-

масштабное сотрудничество с инженерными организациями – промышленными партнерами (ИП) ПИИШ. Данное сотрудничество может заключаться в предоставлении образовательных пространств и материалов, участии при формировании образовательной программы, предоставлении мест для прохождения практик и стажировок, участии в научно-исследовательской работе студентов (НИРС) и т.д. Одним из обязательных условий для ИП является предоставление финансовых средств для обеспечения работы ПИИШ.

В результате проведенного отбора в 2022 году были выбраны 30 инженерных вузов, на базе которых были созданы ПИИШ, для чего были предоставлены средства из федерального бюджета [2]. Отобранные вузы значительно отличаются по географическому расположению, инженерной направленности, количеству и специальности ИП. Для формирования образовательного процесса в ПИИШ используются как апробированные в базовых вузах методики и технологии, так и новые практики, разработанные в рамках сотрудничества с ИП. С учетом специфики федерального проекта, отобранным ПИИШ необходимо быстро и эффективно наладить образовательный процесс, обеспечить стабильный выпуск инженеров с новым набором компетенций, организовать финансовую профитность ПИИШ и максимизировать участие ИП в подготовке будущих сотрудников.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ МЦ ПИИШ И ДАННОГО ДОКУМЕНТА

Для обеспечения эффективной работы ПИИШ необходимо своевременное введение наиболее эффективных практик во всех вышеперечисленных процессах. С целью оказания методической помощи ПИИШ был создан «Методический центр ПИИШ» (МЦ ПИИШ) на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», который также является одним из операторов ФП ПИИШ. В задачи МЦ ПИИШ входит сбор и анализ передовых практик ПИИШ для их дальнейшего тиражирования среди ПИИШ и, в перспективе, среди всех вузов Российской Федерации.

В рамках деятельности МЦ ПИШ был налажен процесс личного посещения всех ПИШ для рассмотрения передовых практик, анализа эффективности и целесообразности реализации подобных практик в других ПИШ, уточнения проблематики и трудностей ПИШ для возможного содействия в решении данных трудностей.

Задачей данного документа является представление результатов деятельности МЦ ПИШ по сбору кандидатов лучших практик ПИШ. В документе представлены практики, которые в результате проведенного анализа были отобраны как «кандидаты в лучшие практики» и тиражирование которых может привести к росту эффективности ПИШ и повышению качества инженерного образования у выпускников ПИШ.

1.1. Методы сбора данных

Для формирования каталога «Кандидаты лучших практик ПИШ» был реализован многоступенчатый алгоритм сбора и анализа данных для каждой ПИШ:

- 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 данного документа для представления передовых практик всех ПИШ с учетом опыта реализации данных практик в учебных организациях по всему миру (при наличии).

1.2. Приоритезация кандидатов лучших практик ПИШ

Для первичной оценки проработанности и ценности кандидатов в лучшие практики, с точки зрения задач федеральной программы

«Передовые инженерные школы», был разработан механизм приоритизации, включающий следующие критерии:

1) рейтинг базового университета ПИИШ – от 0 до 5 баллов (на основе «Рейтинга лучших вузов России РАЕХ-100, 2023 год», как наиболее актуального рейтинга);

2) качество описания кандидата лучших практик, полученного от ПИИШ – от 0 до 5 баллов;

3) наличие количественных метрик результативности и эффективности кандидата лучших практик – от 0 до 5 баллов;

4) наличие описания по капитальным и регулярным финансовым и материальным затратам на воспроизводство и эксплуатацию практики – от 0 до 5 баллов;

5) категория кандидата в лучшие практики в соответствии с разделами каталога – от 0 до 3 баллов;

6) вовлеченность индустриального партнера в практику – от 0 до 2 баллов;

7) способность формирования новых передовых компетенций у участников практики – от 0 до 1 балла;

8) возможность использования практики в качестве источника внебюджетного финансирования – от 0 до 1 балла.

2. ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ

Передовые практики могут относиться к различным областям деятельности ПИИШ и не быть напрямую связаны с образовательным процессом. С целью структуризации документа, было принято решение о выделении отдельных категорий кандидатов лучших практик ПИИШ. Отобранные в результате сбора и анализа данных практики ПИИШ будут представлены далее в разделах по следующей классификации:

1) организация приема и работа со школьниками и будущими абитуриентами (3);

2) практики организации образовательного процесса (2);

3) организация научно-исследовательской работы студентов (2);

4) организация практик и стажировок студентов (2);

5) специальные образовательные пространства (3);

б) взаимодействие с индустриальными партнерами и привлечение финансирования (3);

7) внеучебное взаимодействие со студентами (1).

Указанные в скобках численные значения после названий категорий кандидатов лучших практик отражают численную оценку практики, используемую при приоритизации.

2.1. Организация приема и работа со школьниками и будущими абитуриентами

Одной из актуальных проблем инженерии в Российской Федерации является малый поток абитуриентов в вузы на инженерные специальности. Приемные кампании и реклама вузов в данной ситуации позволяет увеличить долю заинтересованных в поступлении абитуриентов из общего числа подходящих абитуриентов. Однако проблема заключается в малом общем количестве подходящих абитуриентов. Под «подходящими» в данном случае подразумеваются школьники, которые в качестве ЕГЭ выбирают профильные инженерные предметы – математика, физика. Таким образом, для увеличения потока абитуриентов в вузы по инженерным специальностям необходимо увеличить число школьников, выбирающих в качестве профильных предметов физику и математику.

Причинами малой популярности физики и математики в качестве профильных являются низкая популярность профессии «инженер», малая информированность школьников о профессиональной деятельности и задачах инженеров, а также сравнительно высокая сложность обучения по инженерным специальностям. Тем не менее, реализация активного взаимодействия инженерных вузов и школьников позволит частично решить данные трудности и увеличить число заинтересованных в профессии инженера школьников.

Важным фактором является отсев обучающихся студентов до своего выпуска. Для обеспечения выполнения ключевых точек по выпуску инженеров ПИШ должны обеспечить высокий набор с запасом на отсев в процессе обучения. Для сужения воронки отсева студентов необходима масштабная предварительная проверка абитуриентов с учетом факторов, которые позволят оценить вероятность их успешного окончания ПИШ и трудоустройства по специ-

альности. Исходя из специфики подготавливаемых специалистов, важна оценка как профессиональных, так и личностных качеств абитуриента.

2.1.1. Российский опыт

В российских университетах представлен достаточно широкий спектр мероприятий по поиску и отбору талантливых школьников для дальнейшей профориентации и привлечения к инженерной деятельности. Такие мероприятия можно сгруппировать на четыре условные категории: «Инженерная и проектная подготовка», «Образовательные программы для школьников и довузовская подготовка», «Профильные олимпиады и инженерные конкурсы» и «Профориентационные мероприятия для школьников».

Под категорией «Инженерная и проектная подготовка» подразумеваются такие мероприятия, как работа инженерных классов в общеобразовательных школах, сезонные (модульные) инженерные школы, работа профильных/проектных смен на базе детских лагерей и другие формы раннего погружения школьников в инженерную деятельность. Среди крупных проектов можно выделить региональный проект «Инженерный класс в московской школе» [3] (организатор – Департамент образования и науки города Москвы). Проект направлен на знакомство учащихся московских школ с инженерными профессиями через реализацию предпрофессиональных учебных курсов и практик в партнерстве с индустрией и университетами (университеты-участники проекта: Московский политех, НИТУ «МИСиС», МГТУ им. Н.Э. Баумана, МИРЭА, НИЯУ МИФИ, НИУ МЭИ, МГТУ «СТАНКИН», МГСУ, МАИ, МАДИ, РУТ (МИИТ), МФТИ, РНИМУ им. Н.И. Пирогова, РГУНГ им. И.М. Губкина, МИЭТ, РХТУ им. Д.И. Менделеева и другие технические университеты Москвы). С участием технических университетов реализуются схожие отраслевые проекты: инженерные судовавиаклассы [4] (организаторы – ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация», Госкорпорация «Ростех» и МАИ), атомклассы [5] (организаторы – Госкорпорация «Росатом», НИЯУ МИФИ и университеты Ассоциации опорных вузов Госкорпорации «Росатом» [6]), Газпром – классы [7] (организаторы – ПАО «Газпром», РГУНГ им. И.М. Губкина, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ТПУ,

КНИТУ, СПбГМТУ, ЛЭТИ, СПбПУ Петра Великого и другие технические университеты), Роснефть-классы [8-10] (организаторы – ПАО «НК «Роснефть», МГУ им. М.В. Ломоносова, ДВФУ, ИРНИТУ), инженерные классы ПАО «КАМАЗ» [11] (совместно с КНИТУ-КАИ) и ряд других проектов под эгидой промышленных предприятий. Довольно широко представлены модульные или проектные форматы взаимодействия со школьниками, такие как Инженерная школа НИТУ «МИСиС» [12], проекты «Инженерные каникулы» (в Москве организуются на базе университетов-партнеров проекта «Инженерные классы» [13], в регионах – на базе «Кванториумов» с привлечением региональных университетов [14-16]), инженерная смена «Школа молодого энергетика» на базе ВДЦ «Смена» [17] (организаторы – НИУ МЭИ совместно с ПАО «РусГидро», ПАО «Россети», Госкорпорацией «Росатом» и АО «СО ЕЭС»), проектные инженерные смены «Инжиниринг МГТУ им. Н.Э. Баумана» [18], IT-каникулы в INNOCAMP [19] (организатор – Университет «Иннополис»), летние школы ITMO.START [20] по инженерным направлениям и другие.

В качестве примеров мероприятий категории «Образовательные программы для школьников и довузовская подготовка» можно привести различной продолжительности образовательные программы и интенсивы, воркшопы и практические занятия, лекции и мастер-классы, вебинары и другие форматы как довузовской подготовки по общеобразовательным дисциплинам, так и раннего освоения базовых инженерных компетенций.

Подобные программы реализуются в образовательном центре «Сириус» [21]. Для школьников, демонстрирующих успехи в точных, цифровых и естественных науках, организованы образовательные программы по математике, информатике, физике, химии, биологии, лингвистике и проектной деятельности. Каждая программа длится 24 дня и включает в себя занятия с преподавателями ведущих вузов страны, физико-математических и химико-биологических школ, представителями научно-технологического предпринимательства. Руководителями программ выступают выдающиеся российские ученые, тренеры национальных и региональных сборных по предметам, самые яркие и опытные педагоги. Каждая профильная программа органично дополняется занятиями,

развивающими у школьников критическое мышление, социальные навыки, творческие и коммуникативные способности.

Московский политехнический университет запустил собственную инженерную школу, позиционируя ее как образовательную среду для старшеклассников, их родителей и учителей [22]. Инженерная школа создаёт новые образовательные форматы и технологии, преодолевая разрывы между школами и вузами. Школа проводит мастер-классы, лекции, демонстрации по общенаучным и инженерным вопросам.

Ещё одним примером является «Уральская инженерная школа» – крупный проект, по подготовке и сопровождению инженеров в Свердловской области, включающий в себя и комплекс мер по довузовской подготовке учащихся к осознанному выбору и овладению инженерными профессиями [23]. Проект ставит целью развитие интереса к техническому образованию и инженерным профессиям (внеурочные экскурсии, посещение соревнований технического творчества и профессионального мастерства, посещение промышленных предприятия, активное внедрение в учебный процесс научно-популярной литературы). Проект направлен на отбор талантливых учащихся с помощью тестирований, мониторингов и исследований. В учебных заведениях предполагается расширение сети естественно-научных классов, создание углубленных учебных программ, привлечение преподавателей вузов, формирование специализированных выставок, организация тематических лекций по предметам естественно-научного цикла, инженерным наукам и организации промышленного производства в музеях Свердловской области. Проект предполагает также создание открытых мастерских, лабораторий, клубов и кружков для формирования практических навыков у учащихся.

Профильные олимпиады и инженерные конкурсы организуют и проводят большинство технических университетов страны. В качестве примера крупных реализуемых проектов можно привести «Инженерную олимпиаду школьников» [24], организаторами которой являются НИЯУ МИФИ, МГУПС МИИТ, НГТУ им. Алексева, Самарский университет им. Королева и СПбГЭТУ ЛЭТИ. Данная олимпиада проводится ежегодно с 2012 года для школьников 9–11 классов. Задания олимпиады не выходят за рамки школьного курса физики, но имеют ярко выраженный инженерный характер.

Они включают в себя элементы прикладной механики и машиностроения, технической термодинамики, электротехники, электроники, ядерных технологий.

Также регулярно проводится всероссийский конкурс научно-технологических проектов «Большие вызовы» [25]. Это – масштабное мероприятие для старшеклассников и студентов, увлеченных научной и изобретательской деятельностью. В конкурсе могут участвовать школьники 7–11 классов, а также студенты 1–2 курсов техникумов и колледжей. Участники представляют проект, указывая какую проблему он решает (научная, исследовательская, практическая). Участники проводят краткий анализ исследований/разработок по теме проекта, обзор существующих решений, описывают использованные технологии, методы и оборудование, использованные в проекте, описывают основные результаты и делают выводы.

Среди иных видов профориентационных мероприятий можно выделить видеолекции и видеофильмы, общение с родителями об особенностях инженерной карьеры, создание инженерно-ориентированных информационных порталов и другие активности.

Организация приема студентов

Дополнительная проверка студентов в рамках приемных испытаний также является активным вопросом научных исследований и работ. Методики отбора абитуриентов на основе результатов их участия в групповых проектах и предварительном собеседовании с оценкой *hardskills* и *softskills* кандидата известны уже давно [26]. Тем не менее, сложность реализации такого отбора не позволяет использовать подобные методики во всех вузах. Особенности ПИИШ позволяют стать им отличной площадкой для апробации подобных методов отбора студентов.

В России зачисление студентов на первый курс бакалавриата или специалитета осуществляется по результатам сдачи Единого государственного экзамена (ЕГЭ) [27]. Абитуриент вправе подавать документы одновременно в пять вузов, указывая в приоритетном порядке до пяти предпочтительных направлений подготовки. Единый государственный экзамен предоставляет абитуриенту от нуля до трехсот баллов по результатам сдачи трех экзаменов: русского языка, математики и профильного предмета, сдача экзамена

по которому необходима для подачи документов на выбранную программу подготовки в вузе. Результаты ЕГЭ могут быть дополнительно улучшены. Например, если абитуриент участвовал в профильных школьных олимпиадах и стал победителем или призером заключительного (всероссийского) этапа олимпиады, то ему может быть присвоено 100 баллов по предмету олимпиады либо право на поступление в вуз без вступительных экзаменов (в зависимости от уровня олимпиады). В случае победы или получения призовых мест во вторых и третьих этапах олимпиады, абитуриент может получить дополнительные баллы при поступлении. Другими способами получения дополнительных баллов являются наличие аттестата с отличием, спортивных достижений, а также волонтерство, прохождение предпрофессионального экзамена в 11 классе и написание итогового сочинения. В зависимости от вуза сумма дополнительных баллов за перечисленные индивидуальные достижения может быть различной. Личные достижения могут дать абитуриенту до десяти дополнительных баллов к суммарному результату ЕГЭ. Несмотря на наличие базовой системы поступления в вуз, МГУ и СПбГУ наделены правом устраивать собственные испытания при приеме. Например, СПбГУ проводит экзамены в письменной, устной или устно-письменной форме, конкурс портфолио, творческий конкурс и др. В 2023 году вузы выделили не менее 10% от общего количества бюджетных мест для приема абитуриентов по отдельным квотам. Квоты предоставлялись героям Российской Федерации, лицам, награжденным тремя орденами Мужества, а также детям принимающих участие в специальной военной операции; детям военнослужащих, сотрудников федеральных органов исполнительной власти и федеральных государственных органов, в которых федеральным законом предусмотрена военная служба; детям сотрудников органов внутренних дел РФ, направленных в другие государства органами государственной власти Российской Федерации и принимавших участие в боевых действиях при исполнении служебных обязанностей.

Помимо отбора по ЕГЭ, абитуриент может поступить в вуз, заключив договор с отраслевой компанией или предприятием (заказчиком) о целевом обучении. Суть договора заключается в том, что заказчик оплачивает обучение абитуриента в вузе, а абитуриент обязуется после завершения обучения устроиться на работу к за-

казчику. Целевое обучение позволяет абитуриенту участвовать в отдельном конкурсе, значительно увеличив свой шанс на поступление [28].

Отбор абитуриентов в магистратуру осуществляется на основе результатов внутренних экзаменов в вузе. Вместе с их результатами учитываются личные достижения абитуриента. К ним относятся, например, победы во всероссийских студенческих научных олимпиадах, наличие научных публикаций, патентов, участие в конференциях и другие. Как и в случае поступления на бакалавриат/специалитет, возможно заключение договора о целевом обучении с заинтересованной компанией/предприятием.

2.1.2.Международный опыт

Профориентация школьников, а также предварительная подготовка школьников к программе инженерного вуза является актуальной задачей не только для вузов России, но и для передовых вузов по всему миру. Для подтверждения этого можно привести тот факт, что в 2016 году в серии «International Technology Education Studies» был выпущен отдельный том «Pre-university Engineering Education», посвященный вопросам доуниверситетского инженерного образования, где представлены научные работы авторов из организаций разных стран.

Некоторые практики доуниверситетской подготовки в США [29] начинаются с детского сада (дети возрастом около 5-6 лет) и длятся до их фактического поступления в университеты и колледжи. Подобное взаимодействие осуществляется в рамках программы «K-12». Тем не менее, инженерное дело исторически не входило в программу «K-12», что связано со сложностью инженерной профессии, негативным восприятием родителей и нехваткой времени для усиления учебной программы. Согласно статистике, приведенной в работе [30], менее 10% учителей США выразили уверенность в способности преподавать детям инженерное дело. В связи с высокой востребованностью профессии инженера ситуация изменяется при активной поддержке передовых производств, колледжей и университетов. В настоящее время, более 20 штатов США реализуют практику «K-12», в которой «инженерное дело» является одним из обязательных. Важно подчеркнуть, что инже-

нерная подготовка начинается с детского сада, что позволяет сформировать «инженерное мышление».

Большой популярностью пользуются дополнительные программы по профильным предметам в старших классах (физика, математика, биология, химия и т.п.). Их выбирают учащиеся, которые планируют поступление в инженерные университеты и хотят улучшить свою подготовку и резюме. Встречается также проектно-ориентированное обучение, при котором учащиеся работают над выполнением некоего технического проекта, параллельно с этим приобретая новые знания и навыки [31].

Помимо структурированных образовательных программ и курсов, внимание уделяется и внеклассным мероприятиям с инженерным уклоном. Например, посещение выставок и музеев, экскурсии, летние программы [32].

Организация приема студентов

В мировой практике борьба за высшее образование начинается задолго до поступления в вуз. Университеты, особенно наиболее престижные, стремятся сохранить свой рейтинг и общий уровень на рынке высшего образования. Поэтому они крайне заинтересованы в отборе наилучших абитуриентов.

Для оценки потенциала абитуриента сегодня активно используются комплексные техники, учитывающие не только средний балл учащегося в школе, но и его внеклассную активность, личную мотивацию. Таким образом, студент, поступающий в вуз, должен на деле продемонстрировать свою заинтересованность в высшем образовании и готовность за него бороться. Эта готовность подтверждается участием в различных кружках, секциях, летних мероприятиях, прохождением дополнительных курсов, наличием наград. Хотя оценки школьного аттестата по-прежнему важны, такой подход в отборе кандидатов применяется вузами все интенсивнее. Например, Университетом Колорадо в Боулдере, регулярно входящим в топ-40 вузов США, Северо-Восточным университетом (США), Университетом Манчестера (Великобритания) [33-36].

При подаче заявления в вуз приемная комиссия оценивает, насколько мотивирован учащийся по его личным достижениям. При этом ценится уникальность абитуриента: если он имеет хорошие оценки, но в своем резюме он не может продемонстрировать

что-то особенное, то это может стать поводом для отказа в приеме, особенно в наиболее престижные университеты [37].

2.1.3. Практики ПИШ

В результате анализа материалов, проведения консультаций и личного посещения передовых инженерных школ можно выделить несколько подходов в организации взаимодействия со школьниками и будущими абитуриентами, которые реализуются некоторыми передовыми инженерными школами.

Сотрудничество со школами и участие в образовательном процессе школьников

Одним из направлений взаимодействия со школьниками является участие в школьном образовательном процессе сотрудников ПИШ. ПИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (Московский физико-технический институт) организует собственную заочную физико-математическую школу для школьников 9-11 классов. Сотрудники ПИШ «Кибер Авто Тех» (Казанский (Приволжский) федеральный университет) читают факультативные профориентационные лекции в подшефных школах. Сотрудники ПИШ «Промхимтех» (Казанский национальный исследовательский технологический университет) проводят факультативы «Экспериментальная химия» для школьников. Одним из необычных направлений взаимодействия является консультационная работа с родителями школьников и абитуриентов. Подобная деятельность проводится в ПИШ «Кибер Авто Тех» (Казанский (Приволжский) федеральный университет).

Интерес для ПИШ и вузов может представлять опыт по вовлечению школьников в научно-экспериментальную деятельность. Школьники под руководством студентов ПИШ «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» (Дальневосточный федеральный университет) и молодых преподавателей участвуют в реализации какой-то небольшой задачи (чаще всего носящей учебно-экспериментальный характер), являющейся частью инновационного проекта ПИШ и имеющей конкретный, пусть небольшой, продуктовый результат (или прототип). Подробное описание практики представлено в приложении 1. Формат школьных экскурсий

на предприятия высокотехнологических партнеров ПИШ «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» (Дальневосточный федеральный университет) позволяет познакомить школьников с отраслью, проинформировать о проекте передовых инженерных школ и заинтересовать в поступлении в ПИШ. Подробное описание практики представлено в приложении 2.

В ПИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Университет Иннополис) отдельное внимание уделяется сотрудничеству с организациями дополнительного образования и с общеобразовательными организациями, в которых есть технический, информационный, инженерный и физико-математический профиль. В рамках сотрудничества проводятся совместные мероприятия для школьников, направленные на профориентационную работу, информационно-консультационные и образовательные мероприятия (от увлекательных экскурсий до регулярных курсов обучения по программам дополнительного образования), встречи со специалистами, вебинары на актуальные темы, мастер-классы, позволяющие детям окунуться в мир информационных технологий, попробовать свои силы и найти «свое направление». Подробное описание практики представлено в приложении 3.

В ПИШ «Промхимтех» (Казанский национальный исследовательский технологический университет) был разработан и реализуется общий формат выявления и экспертного сопровождения одаренных детей из школ Республики Татарстан и регионов присутствия ВТК для участия в проектах «Фестиваль науки», «Научные смены», профориентационной смене в образовательном центре «Сириус» (ООО «СИБУР»); многопрофильной Олимпиаде, конкурсах «Ступени», «Большие вызовы» (ПАО «Газпром»). Активно осуществляется сотрудничество с «Газпром-классами» и «Сибур-классами»: разработаны специализированные курсы, направленные на углубление знаний в области химии и формирование актуальных для инженерной деятельности навыков и компетенций. Подробное описание практики представлено в приложении 4.

В ПИШ «Агроген» (Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I) популяризация и профориентация школьников проводится через вовлечение в образовательный процесс промышленных партнеров передовой инженерной школы

(ЭкоНива, Мираторг), демонстрацию современного высокотехнологичного сельскохозяйственного производства, проектную работу в области интересов индустриальных партнеров с привлечением потенциала научно-исследовательской базы университета. Подробное описание практики представлено в приложении 5.

На уровне ПИИШ «Передовая инженерная школа гибридных технологий в станкостроении Союзного государства» (Псковский государственный университет) реализуется проект «Инженерные классы в СПО», задачами которого являются: популяризация предметов естественно-научного цикла, повышение качества естественно-научного образования, вовлечение школьников в научно-техническое творчество и популяризация престижа инженерных профессий среди молодежи, стимулирование интереса студентов к сфере инноваций и высоких технологий. Студенты, поступающие в ПИИШ после окончания инженерных классов, могут претендовать на ускоренное обучение и более ранний выход на рынок труда. Подробное описание практики представлено в приложении 6.

Организация мероприятий для школьников и абитуриентов

Одним из способов профориентационной и информационной деятельности ПИИШ является участие и организация олимпиад, фестивалей, конференций, буткемпов, выставок и других мероприятий для школьников и абитуриентов.

ПИИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (Московский физико-технический институт) ежегодно проводит олимпиаду «Физтех.Инженер».

Одним из наиболее интересных направлений взаимодействия со школьниками и абитуриентами является организация взаимодействия в проектно-игровом направлении. В ПИИШ «Когнитивная инженерия» (Новосибирский национальный исследовательский государственный университет) была запущена серия мероприятий «Охотники за микробами».

В ПИИШ «Интеллектуальные системы тераностики» (Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова) реализуется комплекс мероприятий по подготовке абитуриентов, включая специализированные буткемпы. Подробное описание практики приведено в приложении 7.

ПИИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Университет Иннополис) для информирования о своей деятельности и популяризации своих программ подготовки ПИИШ среди потенциальных студентов участвует в образовательных выставках, проводит дни открытых дверей для абитуриентов, ведет свои сообщества в социальных сетях, где абитуриенты могут также знакомиться с направлениями подготовки ПИИШ и задавать все волнующие их вопросы. Подробное описание практики приведено в приложении 8.

В ПИИШ «Цифровой инжиниринг» (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого) с 17 по 30 апреля 2023 года прошло мероприятие для студентов российских и белорусских вузов – Школа по искусственному интеллекту и цифровым технологиям. На протяжении двух недель более 100 студентов обучались по четырем направлениям профессиональной подготовки: автономный и беспилотный транспорт, компьютерный инжиниринг, проектирование на основе топологической оптимизации и 3D-печать, VR, цифровая трансформация и бережливое производство в рамках образовательного, культурного и проектного блоков. Помимо образовательных модулей, программа Школы по искусственному интеллекту и цифровым технологиям была наполнена различными культурно-развлекательными мероприятиями: мастер-класс по публичным выступлениям, питч-сессии, Инженерный чемпионат, квиз по инженерным наукам. Подобная практика позволяет провести объединение студентов-инженеров бакалавриата на одной площадке и привлечь потенциальных абитуриентов в магистратуру ПИИШ «Цифровой инжиниринг». Подробное описание практики приведено в приложении 9.

Комплексный подход к взаимодействию со школьниками и абитуриентами

Сочетание различных методов и мероприятий для взаимодействия со школьниками позволяет обеспечить большую результативность в плане профориентации и информированности будущих абитуриентов о передовой инженерной школе.

Стоит отметить реализуемый в ПИИШ «Инженерия киберплатформ» (Южный федеральный университет) комплексный подход по работе со школьниками, включающий большой перечень меро-

приятий и активностей (занятиях в кружках, участии в научно-образовательных мероприятиях области, на конференциях, семинарах, олимпиадах). Особенностью реализуемого в ПИШ подхода являются принципы интеграции, регионализации (учет интересов конкретных работодателей, особенностей и потребностей рынка труда, миграционных процессов, социально-профессиональных и образовательных запросов населения), непрерывности (поэтапность формирования профессионального самоопределения, личностного и профессионального развития обучающихся). Подробное описание практики приведено в приложении 10. Кроме того, для привлечения абитуриентов в ПИШ «Инженерия киберплатформ» (Южный федеральный университет) также реализуется отдельный комплекс мероприятий, которые позволяют познакомиться с будущими местами практик и трудоустройств лично. Подробное описание практики приведено в приложении 11.

В ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (Донской государственный технический университет) также реализуется комплексный подход, включающий профориентационные встречи, экскурсии, квесты, соревнования, олимпиады. Кроме того, в ПИШ реализуются или планируются к реализации крупные проекты, нацеленные на привлечение школьников и абитуриентов (проект "Кандидат в ПИШ", проект "Интенсивные проектные смены ПИШ"). Подробное описание реализуемой практики представлено в приложении 12.

В ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского) абитуриенты и выпускники бакалавриата рассматриваются как целевая аудитория системного подхода по профориентации для создания базы эффективной магистратуры. Подробное описание реализуемой практики представлено в приложении 13.

Практику, предполагающую как увеличение заинтересованности в профессии, так и поддержание мотивации к самосовершенствованию у школьников, реализует ПИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Университет Иннополис). Перед началом олимпиадного сезона на базе университета Иннополис проводится интенсивная подготовка, которая позволяет школьни-

кам определить текущий уровень знаний и навыков, улучшить их, подготовиться к олимпиаде. Подробное описание реализуемой практики представлено в приложении 14.

В ПИШ «Когнитивная инженерия» (Новосибирский национальный исследовательский университет) существует практика проведения образовательного инженерного интенсива «Технохак». «Технохак» реализует контактную работу со студентами с целью формирования структуры обучения и работы в ПИШ НГУ через “облегченную” версию этой деятельности на интенсиве. Для решения этой задачи проводятся каникулярные инженерные интенсивы «Технохак», которые объединяют проектные направления ПИШ НГУ и формируют образовательное пространство, в котором реализуется командная работа над инженерными задачами. Подробное описание реализуемой практики представлено в приложении 15.

Организация приема студентов

В результате анализа материалов, проведения консультаций и личного посещения передовых инженерных школ были выделены несколько распространенных к применению кейсов. Многие ПИШ реализуют обязательное предварительное собеседование с абитуриентом. В ПИШ «Интеллектуальные энергетические системы» (Национальный исследовательский Томский политехнический университет) в рамках такого собеседования оценивается «общая адекватность» студента и его ожидания от результатов обучения. При использовании модели профессиональной инженерной магистратуры одной из главных метрик качества образования является трудоустройство выпускников (сразу после окончания или до окончания магистерской программы) и соответствие уровню освоения компетенций выпускника ожиданиям компании-партнёра, принимающей его на работу. Практика показывает, что отчисления и потеря мотивации во время обучения часто связаны не с недовольством образовательным процессом как таковым, а с разрывом между ожиданиями абитуриентов и реальностью и с отсутствием навыков студента для напряженной учебы в течение года. Проведение персональных расширенных собеседований позволяет абитуриенту и университету более осознанно подойти к процессу зачисления. В ходе собеседования студент оценивается на общую адекватность, мотивированность, готовность к высоким психоэмоциональным

нагрузкам, вызванным высокой интенсивностью обучения. Подробное описание практики представлено в приложении 16.

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. Подробное описание реализуемой практики представлено в приложении 17. Также, стоит отметить, что в данной ПИШ одним из источников абитуриентов на магистерские программы являются студенты бакалавриата последнего года обучения. Для этого была запущена новая программа переподготовки «Принципы управления разработкой программных продуктов. Новые производственные технологии». В рамках данного курса бакалавры осваивают проектирование и осуществление руководства разработкой программного обеспечения, а также получают возможность поступить в магистратуру ПИШ без сдачи профильных тестов при успешной защите проектов. Подробное описание реализуемой практики представлено в приложении 18.

Для повышения качества абитуриентов в ПИШ «Передовая инженерная школа Университета ИТМО» (Университет ИТМО) применяется многоэтапный конкурсный отбор абитуриентов (подробнее в приложении 19). Подобный подход позволяет сузить воронку отсева студентов в процессе обучения и дальнейшего трудоустройства и представляет собой экзамен в формате «тестирование + собеседование»: в рамках тестирования проверяются профессиональные знания, в рамках собеседования оцениваются soft skills и мотивационный компонент.

В ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи» (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники) был предложен новый формат приемных испытаний, приближенный к формату трудоустройства специалиста. Абитуриенты знакомятся с проектами и проходят вступительные испытания, в которых проверяется соответствие их знаний выбранному проекту и роли. Подробные описания практик представлены в приложении 20.

Вступительные испытания в ПИШ «Передовая инженерная школа химического инжиниринга и машиностроения» (Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева) проводятся на базе кейс-метода, что позволяет провести комплексную оценку абитуриента, т.к. для эффективной работы в команде над реальными проектами крупных промышленных партнеров от студента требуются не только академические знания (основные навыки), но умение работать в команде, способность быстро анализировать поставленные задачи и занимать позицию лидера, готовность к публичным выступлениям и пр. (гибкие навыки). Подробная информация представлена в приложении 21.

В ПИШ «Цифровое производство» (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина) 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.

2.2. Практики организации образовательного процесса

Совместно с развитием профессии инженера возникает необходимость изменений в технологии инженерной подготовки в высших учебных заведениях. Модернизация образовательного процесса является одним из необходимых шагов для организации передовой инженерной подготовки, которая позволит удовлетворить спрос на высококвалифицированные кадры в современных инженерных организациях для работы над фронтными задачами.

2.2.1. Российский опыт

В настоящее время высшее образование в России имеет ступенчатую систему, т.е. предлагает различные уровни подготовки. Всего существует три уровня: бакалавриат, магистратура и аспирантура, являющихся заимствованием из западной системы высшего образования. Еще недавно в российских вузах подготовка велась по двум уровням: специалитет и аспирантура. Трансформация началась в 2006 году в рамках присоединения России к Болонской системе высшего образования. Специалитет, ведущий подготовку

студентов на протяжении 5–5,5 лет, должен был уступить место бакалавриату и магистратуре с периодом подготовки 4 и 2 года соответственно. Данная трансформация преследовала цель унификации системы подготовки в российских университетах с западными, а также предоставление студентам самим выбирать, какой уровень подготовки им необходим и желают ли они скорректировать ее траекторию, поступая в магистратуру на смежное направление по отношению к изученной программе в бакалавриате.

Полный переход к Болонской системе в России не произошел, и ряд вузов по-прежнему продолжает подготовку специалистов. Кроме того, в ряде случаев в университетах одновременно существуют как программы бакалавриата и магистратуры, так и специалитета. Кроме того, среди работодателей степень бакалавра не нашла большой популярности, что дополнительно вынуждало студентов продолжать обучение, по сути, возвращаясь к классической длительной подготовке.

Другой тенденцией высшего образования является смена ее ориентира с массовости подготовки на индивидуальность. То есть предполагается, что учебные программы могут содержать вариативные образовательные блоки и студент вправе выбирать наиболее предпочтительные. Доля таких блоков от общего объема образовательной программы различна, но при этом, в целом, не дает широкой свободы обучающемуся. Наиболее вероятной причиной этого является наличие образовательных стандартов, достаточно жестко регулирующих наполнение образовательных программ и требования к ним. Несмотря на это, от развития идеи модульности образования не отказались. Постепенно в университетах началось внедрение системы зачетных единиц (ECTS, European credit transfer system). Сущность «кредитной системы» заключается в том, что весь образовательный процесс становится индивидуально-ориентированным, а студент получает возможность полностью самостоятельно сформировать свой личный учебный план. Успеваемость студентов при этом учитывается балльно-рейтинговой системой оценок, а трудоемкость составленной программы определяется зачетными единицами (кредитами), которых суммарно, по условиям, должно быть набрано требуемое количество за весь период обучения для получения итоговой аттестации. Естественно, это должно приводить и к различной популярности предметов среди студентов,

что стимулировало бы преподавателей создавать интересный курс, бороться за студента, так как посещаемость его дисциплины была бы напрямую связана с его заработной платой. Однако полный переход к такой системе в российской высшей школе на текущий момент не реализован, ограничившись лишь узким внедрением модульности дисциплин (или внедрением предметов “по выбору”), а также оценкой трудоемкости курса в зачетных единицах [38].

Поточно-групповая система обучения до сих пор является доминирующей формой организации учебного процесса в российских университетах. Ее суть ясна из названия: студенты распределены по группам порядка 10–20 человек и изучают одну общую образовательную программу, в которую внедрена небольшая вариативность в виде дисциплин по выбору [39].

Освоение образовательной программы возможно как в очной, так и в заочной форме. В первом случае студент посещает занятия в университете согласно расписанию, во втором случае – изучает большую часть программы самостоятельно и появляется в вузе преимущественно на зачетные мероприятия. Посередине между этими двумя формами находится очно-заочное обучение, при котором вуз студенты посещают регулярно, но по вечерам. Таким образом баланс между самостоятельным изучением программы и аудиторным делится в более равной пропорции [39].

Образовательный процесс в российских вузах традиционно формируется из лекционных, практических и лабораторных занятий. Эти формы обучения хорошо известны. Лекции предполагают изучение теоретического материала, в то время как семинарские занятия и лабораторные работы предполагают применение полученных знаний на практике при решении практических задач и выполнении лабораторных экспериментов. Отдельно стоит выделить практику как важный элемент образовательных программ. Практики – большой блок, посвященный практическому применению полученных знаний (если речь идет о производственной практике на предприятии-партнере) или проведению исследования, которое должно лечь в основу выпускной квалификационной работы.

Система высшего образования является динамической средой, в ней происходят изменения, связанные с обновлением учебных технологий и актуализацией методов преподавания. Это оказывает влияние на организацию образовательного процесса в целом. Од-

ной из ведущих тенденций развития системы высшего образования является переход от принципа “передачи знаний, формирования навыков и умений”, к принципу формирования способности к самообразованию. Приоритетом в образовании становится развитие интеллектуального и творческого потенциала у учащихся, приобретение компетенций [40].

Подобные изменения неизбежно ведут и к трансформации методов преподавания. Так, набирают популярность интерактивные технологии, особенно связанные с виртуальной и дополненной реальностью. Эти технологии активно внедряются в лабораторные и практические занятия, становятся важным элементом научно-исследовательской работы. Эпидемия коронавируса ускорила внедрение дистанционного обучения. Появление онлайн-курсов, баз знаний и образовательных порталов показали, что студенты могут самостоятельно обучаться в удобном для них темпе и уделять изучению материала столько времени, сколько им требуется. Ухудшение экономической ситуации в России (и в мире в целом), а также возрастающая скорость развития технологий и рынка вынуждает переходить к экономии ресурсов и времени и учить студентов мыслить в рамках решения конкретной существующей проблемы. Этот фактор повышает роль и значимость так называемого проблемно-ориентированного образования. Его сущность заключается в том, чтобы выстраивать изложение материала курса вокруг существующей (или ожидаемой в будущем) проблемы, требующей решения для развития отрасли. Все усилия студента и все его внимание, приобретение знаний вращается вокруг этой проблемы.

Внедрение компетентностного подхода в обучении и модульности образовательных программ ведет еще к одной трансформации высшей школы, зарождающейся в наши дни под влиянием быстроменяющейся экономической ситуации. Система “4+2” или бакалавриат-магистратура переходит в систему “2+2+2”, в которой студентам предлагается делать выбор направления подготовки лишь на третьем курсе, а первые два года обучения посвятить формированию широкой образовательной базы за счет общеобразовательных дисциплин. По идее, это должно дать быстрее адаптироваться изменениям на рынке труда и проще в него встроиться. Кроме того, студент получает ту самую свободу в формировании индивидуальной образовательной программы, так как начиная с третьего года

обучения она должна становиться преимущественно модульной. И, наконец, у студента появляется еще один шанс изменить свою образовательную среду, перейдя в другой вуз и дав еще один стимул для развития личных компетенций [41].

2.2.2. Международный опыт

В европейском регионе принята Болонская система образования, которая все шире распространяется по всему миру. Как было указано выше, она состоит из трех ступеней: бакалавриата, магистратуры и аспирантуры. Продолжительность этих ступеней составляет, соответственно, 4, 2 и 2 года. Образовательные программы формируются из блоков дисциплин, обладающих определенной трудоемкостью, оцениваемой в кредитах. Кредитная система позволяет легче оценивать уровень подготовки студента при его переходе из бакалавриата в магистратуру между вузами, а также при приеме на работу.

Однако стоит помнить, что существуют некоторые регионы со своей спецификой организации высшего образования. Например, во Франции, студенты поступают на подготовительный первый курс, по завершении которого необходимо сдать экзамен. При его прохождении студенты допускаются к дальнейшему освоению программы в течение трех или четырех лет, пока не получают степень, называемую лицензией. Во Франции существуют высшие учебные заведения, обеспечивающие продвинутое профессиональную и техническую подготовку (*grandes écoles*). Различные *grandes écoles* обеспечивают тщательную подготовку во всех областях прикладной науки и техники, а их дипломы имеют несколько более высокий статус, чем дипломы обычной лицензии.

В Германии региональные университеты имеют автономию в определении своей учебной программы под руководством ректоров. Студенты в Германии меняют университеты в соответствии со своими интересами и сильными сторонами каждого университета. Фактически, во время учебы на бакалавриате студенты посещают два, три или даже четыре разных университета, и большинство профессоров одного университета могут преподавать в четырех или пяти других вузах.

И Франция, и Германия оказали влияние на мировую систему высшего образования. Так, Франция через колониальное влияние или работу миссионеров внедрила элементы своей высшей школы в странах Северной и Западной Африки, Карибского бассейна и в Японии. Здесь Французские *grandes écoles* особенно копировались как модели технических школ.

Германия представила миру философские концепции роли университетов. Немцами была подчеркнута важность университетов как исследовательских центров, создавалось представление о них как о символах национального сознания. Именно в Германии были изобретены докторские степени, завоевавшие популярность по всему миру.

Британская система высшего образования демонстрирует высокую автономию университетов, которые практически независимы от национального или местного правительства в определении своих учебных программ, несмотря на бюджетное финансирование.

Требования к поступлению в британские университеты довольно сложны. Студент должен получить общий аттестат об образовании (соответствующий французскому бакалавриату), сдать экзамены по различным предметам и получив проходные оценки по ним. Чем больше проходных оценок «продвинутого уровня» вместо «общего аттестата о среднем образовании» (ранее «обычного уровня») получает студент, тем выше его шансы на поступление в выбранный им университет. (В Великобритании существует централизованное приемное бюро, в котором кандидаты на поступление могут выбирать университеты в порядке предпочтения.)

Такой строгий отбор в университеты в сочетании с пристальным контролем студентов через систему обучения позволяет большинству пройти курс обучения за три года вместо стандартных четырех лет. Образовательные программы в университетах Великобритании более узкоспециализированы, чем их европейские аналоги. Большинство студентов проходят курс по одному или, самое большее, двум предметам, в то время как оставшееся меньшинство студентов проходит курсы, охватывающие множество предметов. Британская модель высшего образования в той или иной степени скопирована в Канаде, Австралии, Индии, Южной Африке, Новой Зеландии и других бывших британских колониальных территориях.

В Соединенных Штатах Америки система высшего образования отличается от европейской. В США принято, что выпускники средних школ получают как минимум два года университетского образования. В связи с этим появилось большое количество «младших» и «общественных» колледжей, дающих двухлетнее образование. Университеты, предлагающие четырехлетние программы, финансируются из частных источников, либо из средств штата или города, которые в значительной степени зависят от финансовой поддержки правительства. Частные университеты и колледжи во многом зависят от платы за обучение, взимаемой со студентов. Правительства отдельных штатов финансируют высокоразвитую национальную систему государственных университетов, которая обеспечивает предоставление высшего образования подавляющему большинству тех, кто желает и имеет академическую квалификацию для получения такого образования.

В американской системе высшего образования степень бакалавра обычно получают не в результате сдачи экзаменов, а скорее путем накопления зачетов курса или количеством часов классных занятий. Для оценки качества полученных знаний ведется непрерывное фиксирование оценок. Завершение определенного количества курсов с проходными баллами приводит к получению степени бакалавра. Первые два года отводятся обязательным курсам по широкому кругу предметов, а также некоторые факультативные курсы по выбору. На третьем и четвертом курсе студент специализируется на одной или двух предметных областях. После завершения бакалавриата студент может продолжить обучение в магистратуре (один-два года обучения) и в аспирантуре (два-четыре года обучения). В американской системе высшего образования снижен акцент на лекции и экзамены, что является заимствованием из немецкой системы образования. Общая успеваемость же оценивается больше по успеваемости на отдельных курсах. Американская модель высшего образования была полностью принята на Филиппинах и оказала влияние на образовательные системы Японии и Тайваня после Второй мировой войны [42].

Несмотря на уже сложившуюся систему высшего образования, в ней появляются новаторские решения в части форм занятий. Например, в университете Пердью (Уэст-Лафейетт, США) реализована система вертикально-интегрированных проектов, которые

предлагают бакалаврам, начиная с первого года их обучения [43]. Их суть состоит в том, что бакалавру каждый семестр предлагается выбрать между различными командами, реализующими свой уникальный проект. Масштаб проектов различен: некоторые реализуются усилиями преподавателей университета, а другие стоят на уровне национальных и международных задач, а также спонсируются промышленностью. Спектр тем проектов также широк. К примеру, существуют группы по разработке вычислительных квантовых систем, организации спутниковых миссий, систем компьютерного зрения и искусственного интеллекта для роботов и др. В проект вовлечены студенты разного уровня подготовки: начиная бакалаврами первого года и заканчивая аспирантами. Отмечается, что при таком подходе выгоду получают как студенты, которые имеют возможность непрерывного приобретения новых навыков, при желании переходя из группы в группу, так и руководители групп, отслеживая наиболее талантливых и способных студентов для своих исследований.

В Индийском институте образования и исследований был пересмотрен традиционный способ проведения лабораторных работ для студентов бакалавриата молекулярной биологии [44]. Традиционная форма заключается в проведении опытов по заранее прописанному протоколу в течение нескольких часов в лаборатории под контролем преподавателей. В новом подходе, который условно можно назвать методом проб и ошибок, студентам предлагается провести ранее выполненные опыты по новым протоколам. В них изменены ряд условий эксперимента, причем часто таким образом, что успех эксперимента не гарантирован. В результате студенты лично сталкиваются с ситуацией неудачного результата и могут проанализировать последствия неправильных действий. Студентам также была дана возможность самим предложить экспериментальные процедуры и, если они были осуществимы, выполнить их. Несмотря на то, что практика внедрена на биологическом направлении обучения, принцип проведения лабораторных работ схож с таковым в инженерном образовании. Поэтому, описанный образовательный опыт может быть транслирован на STEM-направления подготовки.

Аналогичный подход был реализован в школе химии и материаловедения, Рочестерского института технологий (США), где внед-

ряется идеология «Лаборатории с управляемыми исследованиями» [45]. На примере создания и исследования белковых структур, студенты сами самостоятельно планируют эксперименты, создают гипотезы, собирают и анализируют данные, делают выводы. Ни преподаватель, ни студенты не знают ожидаемых результатов. Тем не менее, такие простейшие опыты несут пользу не только с точки зрения обучения, но и науки, поскольку могут привести к случайным полезным открытиям.

Набирает популярность новый подход к изучению дисциплин под названием “перевернутая аудитория” (Flipped classroom), основной идеей которой является перемена местами вида образовательной деятельности в аудитории и внеклассное время [46]. При таком подходе основной теоретический материал по курсу (который, строго говоря, фиксирован) студенты изучают самостоятельно во внеаудиторное время, например, по видеоурокам, презентациям, на онлайн-платформах и т.п. В аудитории, во время живого общения с лектором, больше уделяется времени изучению практических примеров, обсуждению вопросов, дискуссии, проведению интерактивных мероприятий. При этом студенты уже обладают некоторым уровнем знаний, так как ранее они уже изучили ряд материалов курса самостоятельно. Помимо этого, предлагается объединение такого способа обучения с проектно-ориентированным подходом.

2.2.3. Практики ПИШ

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.

Формирование новых востребованных компетенций и таргетирование обучения через ИОТ

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» (Уральский федеральный университет 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»: адаптивность, самодисциплина, 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. Подробное описание практики представлено в приложении 22. Данный подход к образованию в ПИШ осуществляется совместно с применением мультимедийного 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. ИОТ формируется за счет модульного принципа формирования курса.

Ключевыми направлениями модернизации сути инженерной подготовки в ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского) являются обучение на основании «треугольника инженерного образования» и новая идеология организации специальных образовательных про-

странств – «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. Подробное описание практики представлено в приложении 23. Также представители ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского) подчеркивают, что необходимым элементом повышения уровня мотивации студентов является предоставление им возможности самостоятельно формировать свою образовательную траекторию. Учитывая проблемы и трудности формирования ИОТ, представители ПИШ видят наиболее рациональным подходом к решению поставленной задачи предоставление студентам права выбирать факультативные дисциплины из большого числа возможных вариантов. Для этого по каждой образовательной программе должен быть сформирован пул факультативных дисциплин, некоторые из которых могут быть общими для разных направлений подготовки. Подробное описание практики представлено в приложении 24.

В ПИШ «Передовая медицинская инженерная школа» (Самарский государственный медицинский университет) 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. Подробное описание практики представлено в приложении 25.

В ПИИШ «Передовая инженерная школа гибридных технологий в станкостроении Союзного государства» (Псковский государственный университет) 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 трех 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 партнера 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). Подробное описание практики представлено в приложении 26.

ПИИШ «МАСТ» (НИТУ МИСИС) совместно с Сеченовским университетом реализует общую программу обучения, где со стороны НИТУ МИСИС преподаются курсы по материаловедению и работе с 3D-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.

Цифровизация и обучение «цифровым» компетенциям

Цифровизация является одним из основных направлений развития инженерного образования и позволяет обеспечить как высокое качество обучения, так и соответствие компетентностной модели выпускника современной потребности инженерных организаций-работодателей. Многие промышленные организации находятся в состоянии перехода в «Индустрию 4.0» и проводят компьютеризацию, автоматизацию и цифровизацию своих производств. Подобные процессы требуют соответствующих знаний и навыков у сотрудников и, следовательно, возможности освоения подобных компетенций студентами в высших учебных заведениях.

В ПИШ «Цифровое производство» (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина) применяется практика цифровизации инженерной деятельности. В рамках практики в ПИШ реализуется сквозная разработка производственного продукта или объекта управления в цифровой среде. Студентов обучают использовать PLM/CAD/CAM/CAE-системы в промышленности, в частности обучают работе с цифровыми двойниками, цифровой моделью, цифровыми описаниями и т.д. Отдельно стоит отметить практику использования в образовательном процессе данных с реальных производств энергомашин и мест их эксплуатации, что позволяет одновременно с обучением находить решения возникающих у предприятий-партнеров научных проблем (например, в рамках занятий студенты изучают и выбирают модели машинного обучения по реальным текущим данным из эксплуатации оборудования, что дает возможность проводить оценку технического состояния и передавать результаты предприятиям, а также сразу реализовывать лучшие практики в производстве).

В ПИШ «Цифровой инжиниринг» (Санкт-Петербургский политехнический университет 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 тренажера, а также по проектам внедрения цифровых технологий в рам-

ках тренажера. Подробное описание практики представлено в приложении 27.

Все материалы курса образовательной программы студентов ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи» (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники) объединены в единый электронный курс. Подобный метод цифровизации обучения несет несколько преимуществ. В одном курсе намного проще отслеживать успеваемость и активность студентов. Так как преподаватели не редактируют курс, а только предоставляют материалы для администратора площадки, то управление контентом зависит только от администраторов, что повышает интуитивность площадки. Преподаватели видят материалы друг друга, что позволяет обеспечить правильную связку между дисциплинами, а также повысить качество контента. Все материалы остаются у студента на все время обучения. У студентов нет необходимости перемещаться между разными курсами. Подробное описание практики представлено в приложении 28.

Современное проектное обучение

«Проектное» или «проблемно-ориентированное» обучение заключается в постановке перед студентами реальной прикладной задачи, которая требует предварительной подготовки в виде сбора дополнительных данных, освоения студентами дополнительных компетенций и группового взаимодействия между студентами (в случае реализации группового подхода) в процессе решения задачи. Применение подобного вида обучение может различаться по форме задачи и количеству участвующих лиц и, таким образом, разделяться на командное проектно-ролевое обучение и проблемно-ориентированное обучение. Увеличение сложности и комплексности задачи перед студентами приводит к необходимости увеличения группы студентов для её решения, что в свою очередь приводит к росту актуальности и сложности деятельности руководителя группы и необходимости создания подгрупп со своими ответственными исполнителями. Таким образом, студенты приобретают опыт взаимодействия между различными подразделениями для выполнения общего рабочего проекта.

Важно отметить, что концепция проектного обучения реализуется в большинстве вузов РФ и во всех базовых университетах

ПИШ. Исходя из этого, в качестве кандидатов лучших практик ПИШ отбирались практики реализации проектного обучения, отличающиеся от распространенных и повсеместно применяемых.

В частности, в ПИШ «Цифровое производство» (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина) фокус на проектное обучение студентов выстроен через разделение реализуемых проектов на уровни приближенности к реальным работам на производстве. Реализуемые студентами проекты прогрессируют от проектно-изыскательской работы (исследования) к «зеркальным» проектам (реплики «боевых» – задачи, в которых можно ошибаться) и до «боевых» проектов (реальные коммерческие проекты с партнерами). Подробное описание практики представлено в приложении 29.

Студент, поступая на программу опережающей подготовки ПИШ «Распределенные системы управления технологическими процессами» (Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого), получает индивидуальное задание в проекте, который решает задачи организации-партнера (индустриальный партнер, частный заказчик, лаборатории вуза). Студент становится полноценным членом команды проекта (с учетом студенческого статуса), получает задание в проекте и несет ответственность за ее выполнение. Результатом выполнения этого задания будет готовая часть проекта, полученные знания и освоенные навыки как профессиональные, так и личные. Подробное описание практики представлено в приложении 30.

В ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи» (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники) образовательный процесс ориентирован на проектный подход. Учебный план построен в логике связывания научной и образовательной траекторий студентов и групп студентов. Контрольные точки по дисциплинам увязаны со стадиями реализации с проектов. В идеальном случае студент, поступая на программу, получает индивидуальное задание в проекте, который решает задачу индустриального партнера. Подробное описание практики представлено в приложении 31.

ПИШ «Интеллектуальные системы тераностики» (Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова) реализует практику совмещения проектного подхода, мо-

дального обучения и ИОТ для обеспечения «диалога» между медицинскими и инженерными специалистами. Образовательный процесс реализуется в инфраструктурном и компетентностном контуре Клинического центра с форматом клинического погружения. Программы подготовки направлены на то, чтобы у выпускника формировалось не просто инженерное мышление, но и умение работать в команде с клиницистами, реальное понимание потребности отрасли и конкретного пациента, а также знание основ персонализированной медицины. Подробное описание практики представлено в приложении 32.

Одной из ключевых технологий обучения в ПИШ «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» (Дальневосточный федеральный университет) является практика привлечения студентов ПИШ в инновационные (R&D) проекты, реализуемые совместно с промышленными партнерами. Обязательным условием для такого проекта является соответствие технологической задаче партнера, направленность на получение продукта, финансовое и деятельностное участие одного или нескольких промышленных партнеров, участие сотрудников партнера в реализации проекта, готовность брать студентов в команду проекта, прямая заинтересованность заказчика и его участие в отчетных мероприятиях (две встречи в месяц) с представлением промежуточных результатов. На данный момент в ПИШ реализуется 18 промышленных технологических проектов. Подробности о практике приведены в приложении 33.

В передовой инженерной школе МГТУ им. Н.Э. Баумана и передовой инженерной школе Московского авиационного института реализуются свои программы, связанные с проектным обучением студентов. В ПИШ МГТУ им. Баумана реализуется новая методика ведения студенческих проектов, а также отработана практика подготовки и передачи на производство Роскосмоса готовых команд специалистов. В ПИШ МАИ рассматриваются проектно-ориентированные ДПО, как механизм формирования компетенций у студента и ядро процесса обучения. В рамках своих проектных работ магистры ПИШ проводят декомпозицию комплексных проектов индустрии.

Приглашение экспертов и представителей индустриального партнера

Приглашение ведущих экспертов и специалистов индустриальных партнеров в качестве тьюторов, кураторов и лекторов для студентов ПИШ позволяет обеспечить высокую плотность взаимодействия студентов и индустриальных партнеров, а также повысить актуальность знаний и навыков будущих выпускников.

В ПИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (Московский физико-технический институт) эксперт (крупный специалист одной из организаций-партнеров) определяет общее направление развития и курирует деятельность 2–3 аспирантов и продвинутых старшекурсников. Аспиранты и старшекурсники формируют и постепенно расширяют команду, состоящую из студентов бакалавриата и административно поддерживаемую специалистами вспомогательных профессий. Кроме того, эксперты ИП привлекаются к созданию модели компетенций и других параметров образовательной деятельности. К формированию требований к выпускникам, учебных планов, программ дисциплин, учебных материалов привлекаются эксперты организаций-партнеров, как в рабочем порядке, так и в рамках работы коллегиальных органов: Управляющего совета, Учебно-методического совета и других. Также эксперты ИП привлекаются к распределению и трудоустройству студентов. Это осуществляется, во-первых, в ходе защит инженерного практикума, защит ВКР, выполнения проектов. Во-вторых, при необходимости проводятся специальные презентации, конкурсы, тестирования, внутренние хакатоны, в цели которых входит отбор студентов в то или иное подразделение ИП. При этом студенты ПИШ, как правило, трудоустраиваются ранее, во время учебы, когда участвуют в выполнении научных проектов ПИШ.

Одним из возможных путей реализации практики приглашения экспертов является приглашение узких специалистов и лиц, обладающих необходимыми навыками и компетенциями, как в области инженерии, так и в области педагогики. В ПИШ «Интеллектуальные энергетические системы» (Национальный исследовательский Томский политехнический университет) реализуется практика приглашения специалистов-коучей при формировании проектных

групп студентов в рамках выполнения групповых проектов с разделением на роли.

В ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского) уделяется большое внимание задаче привлечения к преподаванию высококвалифицированных специалистов. ПИШ проводит разработку, апробацию и внедрение новых форм взаимодействия с высококвалифицированными специалистами («звездами»), позволяющие им эффективно (без критического отрыва от основной работы) передавать свои знания и умения выпускникам ПИШ.

Применение инженерных «кейсов» в образовательном процессе

Для обеспечения актуальности образовательного процесса студентов ПИШ может быть реализовано формирование инженерных «кейсов»-задач, соответствующих реальным задачам индустриальных партнеров и других инженерных организаций.

В ПИШ «Интеллектуальные энергетические системы» (Национальный исследовательский Томский политехнический университет) проводится обучение на базе конкретного кейса связанной специализации. В рамках подготовки с использованием данного метода выпускник ориентирован на конкретное производство как инженер-интегратор и знает, как реализуется цикл на производстве. Совместно с индустриальными партнерами реализуется подготовка магистров, которая включает использование соответствующего оборудования, программного обеспечения и кейсы (темы курсовых и выпускных квалификационных работ, согласованные и отвечающие интересам промышленных партнеров) для успешной реализации учебной программы. Модель подразумевает полное погружение в реальный бизнес-процесс. Подробное описание практики представлено в приложении 34.

В ПИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (Московский физико-технический институт) реализуется практика «Инженерный практикум». Инженерный практикум состоит в решении студентами инженерных задач по тематике ПИШ РПИ, с постепенным возрастанием сложности задач и требований к результатам, в течение все-

го периода обучения. Задачи для инженерного практикума формируются на основе научной повестки компаний-партнеров ПИШ РПИ, в особенности – научных проектов, входящих в программу развития ПИШ РПИ, с привлечением специалистов компаний-партнеров и научных подразделений ПИШ РПИ. Студенты младших курсов выполняют проекты по детальным инструкциям, студенты старших курсов самостоятельно определяют архитектуру решения на основе требований к проекту. Как правило, проекты выполняются в кросс-функциональных командах (например, в команде могут быть студенты различных ОП — программисты и физики). На старших курсах проводятся защиты проектов с участием представителей ИП. В будущем планируется реализация межшкольных (с участием студентов разных физтех-школ) и межвузовских проектов. Подробное описание практики представлено в приложении 35.

ПИШ «Агробиотек» (Национальный исследовательский Томский государственный университет) организует лабораторные работы студентов в высокотехнологичных, оборудованных лабораториях в форме выполнения кейса реальной задачи сотрудника соответствующей специализации. Практика позволяет сформировать рабочие компетенции связанной специализации. Подробное описание практики представлено в приложении 36.

Другие практики организации образовательного процесса студентов

Несколько практик ПИШ, относящихся к организации образовательного процесса, не могут быть отнесены к подразделам, описанным ранее. Также, общей чертой данных практик является их уникальность или редкость среди всех рассматриваемых практик ПИШ, что не позволяет создать дополнительный подраздел с таким видом практик.

Одной из таких практик является модель оценки результативности обучения студентов, применяемая в ПИШ «Цифровое производство» (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина). Метод оценки включает в себя общеобразовательные показатели (т.е. оценку результата обучения) и интеллектуальные результаты деятельности с личными метриками студента. По окончании каждого семестра команда должна пред-

ставить достигнутый продуктовый результат проекта, который оценивается экспертной комиссией из числа сотрудников ПИШ и партнеров. Результатом этой оценки является формирование индивидуальных рекомендаций студентам по развитию компетенций на следующий период (индивидуальный трек), а также руководитель программы принимает решение о возможности допуска студента к проектным или исследовательским задачам. Подробное описание практики представлено в приложении 37.

В ПИШ МГТУ им. Баумана реализуется программа присвоения двух квалификаций с записью в диплом студента.

Для стимулирования инженерной деятельности студенты ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (Донской государственной технической университет) получают повышенную стипендию, уровень которой определяется дифференцированно, исходя из потенциала базовых знаний, активности в процессе обучения, а также планов и видения построения профессиональной карьеры. Подробное описание практики представлено в приложении 38.

В ПИШ «Инженерия киберплатформ» (Южный федеральный университет) была разработана отдельная от базового университета образовательная модель, отдельной задачей в которой является отбор наиболее мотивированных и способных студентов к решению комплексных задач в интересах генерального партнера – ГК «Ростех». Поэтому помимо распределения студентов по специальностям инженер-конструктор, инженер-технолог, инженер-программист и инженер-исследователь в ПИШ ЮФУ внедрена система категорирования профессиональных навыков студентов. Для каждой категории студентов образовательный процесс отличается и несет разные функции. Подробное описание практики представлено в приложении 39.

ПИШ «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» (Дальневосточный федеральный университет) применяет в своем образовательном процессе один из наиболее распространенных трендов инженерного образования за рубежом – STEM-образование. Применение подобного подхода позволяет образовательному процессу приобрести практическую направленность, реализовать возможность выбора дисциплин, осуществить ведение учебного процесса и научных исследований через проектную дея-

тельность, обеспечить межпредметный характер обучения, поддержать формирование проектного и критического мышления. Подробности о практике приведены в приложении 40.

2.3. Организация научно-исследовательской работы студентов

Как в вузах Российской Федерации, так и за рубежом, для выполнения научно-исследовательской работы студентов (НИРС) в учебном плане выделяются часы. Это справедливо для учебных планов студентов всех уровней обучения, включая специалитет, бакалавриат, магистратуру и аспирантуру, различно только количество часов в учебном плане, выделенных на выполнение НИРС.

Тем не менее, как уже подчеркивалось ранее, актуализация учебного процесса под современные нужды предприятий-работодателей касается всех направлений подготовки студентов. НИРС является наиболее подходящим направлением подготовки инженерных кадров для увеличения доли участия организаций-работодателей в образовательном процессе студентов. Предоставление кураторов для актуализации исследовательских задач, предоставление рабочего пространства и современного инструментария являются наиболее распространенными методами взаимодействия.

2.3.1. Российский опыт

Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) является неотъемлемой частью образовательного процесса в российских вузах. Ее роль заключается в отработке полученных студентами навыков и знаний на практике. Как правило НИРС, направлена на решение некой научной или научно-технической проблемы. Выполняется НИРС индивидуально или в составе группы, под руководством преподавателя вуза или специалиста в области исследований. В процессе выполнения НИРС студенты знакомятся с принципами проведения научного исследования, его планирования, организации. Студенты, сталкиваясь с нерешенной проблемой, развивают навыки научной, творческой и исследовательской деятельности.

НИРС может реализовываться в разных формах. Наиболее популярными формами НИРС в России является прямая работа с научным руководителем, предлагающим студенту индивидуальные задания и контролирующим их выполнение [47]. Задания могут быть теоретическими, практическими (проведение экспериментов), а также поисковыми (обзор литературы, поиск информации и пр.). В результате материалы исследования, как правило, ложатся в основу дипломных или курсовых работ, диссертаций.

Научно-исследовательская работа может быть также реализована в рамках выполнения грантовых исследований, хоздоговорных или госбюджетных работ, проводимых научным коллективом. Тем не менее, форма участия студента от этого не меняется. Он всегда взаимодействует с руководителем и работает над решением конкретной персонально поставленной задачи.

Выполнение НИРС в виде работы в студенческих кружках, группах, объединениях встречается реже. Также возможно выполнение НИРС в конструкторских, проектных, технологических, научно-исследовательских студиях.

Продолжительность НИРС у студентов различна и зависит от уровня образовательной программы [47]. Она может быть достаточно короткой, например, один-два семестра у студентов бакалавриата. Средняя продолжительность (от года до двух) характерна для студентов магистратуры. Многолетняя научно-исследовательская работа более присуща аспирантуре. В этом случае исследование занимает в среднем три-четыре года, но может длиться и более долгий срок.

2.3.2.Международный опыт

Научно-исследовательская работа является важной частью образовательных программ и в университетах по всему миру. Студенты, тяготеющие к поисковой, исследовательской деятельности, обязательно проходят через научно-исследовательскую работу, получая базовые навыки по всем ее направлениям.

В зарубежной практике сложилось несколько подходов к проведению исследований студентами. В первом подходе студент проводит краткосрочное исследование (продолжительность измеряется неделями и месяцами), имеющее скорее не поисковый, а демон-

страционный характер. Такой исследовательский блок может быть частью преподаваемой дисциплины. При таком подходе студент достаточно ограничен в реализации своих творческих способностей и следует по заранее намеченному руководителем или преподавателем курсу исследования. В некоторой степени этот подход напоминает проведение лабораторных работ в российских университетах, хоть и в укрупненном масштабе.

Другим подходом является организация углубленного исследования, нередко в летние месяцы. В этом случае студент попадает в полноценную лабораторию и участвует в более крупном по масштабам исследовании. Этот опыт больше приближен к опыту работы настоящего исследователя. Однако у такого подхода наблюдается сильное сходство со стажировками студентов.

Третий подход заключается в проведении совместного с преподавателем продолжительного исследования параллельно с основной программой обучения в семестре. Такой подход наиболее близок к российской практике проведения НИРС. Исследования могут выполняться индивидуально или в составе небольших групп. Учащиеся получают персональное задание в рамках проекта и выполняют его под руководством лидера проекта (как правило, преподаватель вуза). Если раньше проект носил больше опытный и поисковый характер и мог быть не завершен одним студентом за время его обучения, то сегодня все чаще видны тенденции решения более прикладных и менее затратных во времени проблем. Активно предпринимаются попытки сотрудничества с представителями индустрии и выполнения проектов в их интересах. С одной стороны, студент по-прежнему проходит через индивидуальную практическую подготовку, а с другой – сразу видит результаты своей работы на практике.

Стоит отметить, что в международной (особенно, западной) высшей школе достаточно популярны различные гранты на проведение исследований студентами.

В наши дни практическая и исследовательская работа сохраняется в обучении, однако она претерпевает заметную трансформацию для того, чтобы соответствовать современным запросам индустрии, а именно – получение максимально подготовленных кадров к решению проблем сегодняшнего и завтрашнего дня. При таком запросе у выпускников должна сочетаться сильная подготовка по

фундаментальным дисциплинам с широкими практическими знаниями, которые, порой, крайне трудно получить из традиционных источников информации. Поэтому в академической среде уже уверенно набрало популярность так называемое проектное обучение. Его суть достаточно проста и в чем-то похожа на классический советский и российский подход в проведении научно-исследовательской работы студентов.

В «Школе кинетики человека» Медицинского факультета в университете Оттавы в Канаде предложено проведение практики у работодателя в реальных условиях. Бакалавры 4-го года обучения проходят 100-часовую бесплатную практику у работодателей вместо стандартной научной работы в университете [2]. В ходе практики студенты посещали частные и государственные клиники 1–2 раза в неделю, где помогали в проведении курсов физиотерапии. В целом, результаты такого подхода к практике оцениваются и студентами, и работодателями как удовлетворительные, но не блестящие. Такой результат объясняется тем, что, с одной стороны, работодатели рассматривают студентов как бесплатную рабочую силу, не желая заниматься наставничеством, а с другой стороны, сами студенты не подготовлены к такой практике «в реальных условиях». При этом, по их же словам, им не хватает поддержки как со стороны работодателя, так и со стороны университета [48].

В университете Гумбольта (Германия) создана частная компания «Инновации Гумбольта» [49]. Ее задачами являются предоставление грантов студентам, юридических и финансовых консультаций, а также офисных помещений студентам, выпускникам и исследователям Университета Гумбольдта, у которых есть идея или продукт, готовый к выводу на рынок.

2.3.3. Практики ПИШ

С целью выполнения задач федерального проекта «Передовые инженерные школы», ПИШ проводят модернизацию своих образовательных и методических практиках образовательного процесса. Ориентация научно-исследовательских работ студентов на нужды промышленных партнеров и выполнение фронтальных задач устанавливает плотный контакт между будущими выпускниками и организациями- работодателями.

В ПИШ «Интеллектуальные энергетические системы» (Национальный исследовательский Томский политехнический университет) одной из отличительных черт НИР и НИОКТР, проводимых на территории ПИШ, от исследований на территории базового университета является смешанность коллектива научных групп. В научных группах присутствуют сотрудники ПИШ, студенты ПИШ, представители ИП в роли полноценных участников, а не только кураторов исследований. В результате такого взаимодействия обеспечивается коммуникация между ИП и студентами.

В нескольких ПИШ была реализована концепция адаптации тем НИРС под нужды индустриальных партнеров. В ПИШ «Судостроение Индустрии 4.0» (Санкт-Петербургский государственный морской технический университет) подготовка студентов проводится в комплексе с разработкой технологии и оборудования для предприятия – партнёра с дальнейшим внедрением технологии и оборудования на предприятии. Студенты участвуют в проектировании установки, выполняя роль ведущего конструктора под руководством наставника (сотрудника ПИШ), опытного в части проектирования гибридных лазерно-дуговых комплексов для сварки. Участвуют в изготовлении, настройке и испытаниях оборудования, которое затем поставляется заказчику/индустриальному партнеру. Студенты направляются в командировку на предприятие заказчика/индустриального партнера для проведения пуско-наладочных работ, обучения сотрудников предприятия. Подробности реализуемой практики представлены в приложении 41.

В ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (Донской государственный технический университет) проектные и исследовательские работы студентов связаны с реальными конструкторскими, научно-исследовательскими и производственными задачами, завершаются реальными проектами, реализуемыми предприятием-партнером или приобретаемыми внешними заказчиками, что дает материальную заинтересованность обучающихся, расширяет область их интересов и мотивирует на самообразование. Таким образом, студенты магистерских образовательных программ при выполнении НИР и ВКР решают актуальные научно-производственные задачи вместе с наставниками, являющимися ведущими специалистами индустриальных партнеров ПИШ. Расширение личных и профессиональных контактов студентов обес-

печивает вовлечение их в инжиниринговую среду региона, а также позволяет оценить открывающиеся возможности карьерного роста, материального достатка и престижа от инженерной деятельности. Подробности реализуемой практики представлены в приложении 42.

Более комплексный подход к НИРС был реализован в ПИШ «Передовая инженерная школа Университета ИТМО» (Национальный исследовательский университет ИТМО). В ПИШ действует практика проведения «PI и PE школ» (PI – (англ. Principal Investigator) – лидер научной группы, PE – (англ. Principal Engineer) – руководитель инженерной группы), в рамках которых проходит очень эффективный обмен знаний и опыта между потенциальными кандидатами в лидеры научных и инженерных направлений, а также с представителями бизнеса – прежде всего с ключевым индустриальным партнером. Проведение школ PI и PE решает сразу несколько ключевых задач ПИШ: во-первых, позволяет сформировать новые исследовательские и продуктовые команды при непосредственном взаимодействии с ключевыми индустриальными партнерами, интересы которых позволяют дать старт для запуска новых проектов, в том числе – в качестве инвесторов либо непосредственных заказчиков НИР, либо ОКР. Во-вторых, сами школы PI и PE являются образовательным мероприятием, направленным на подготовку лидеров инженерных и исследовательских групп в рамках передовой инженерной школы Университета ИТМО. Подробности реализуемой практики представлены в приложении 43.

В некоторых ПИШ модернизации подверглась сама методика НИРС. Примером такой модернизации является ролевая система в групповых НИРС, реализуемая в ПИШ «Интеллектуальные системы тераностики» (Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова). В рамках образовательного процесса заложена возможность формирования проектных команд для работы над учебными задачами в рамках НИОКР, благодаря которым студент может попробовать себя в разных позиционных ролях (инженер-исследователь, инженер-разработчик, главный инженер проектов) и определить для себя дальнейшую образовательную и профессиональную траекторию.

В ПИШ «Передовые производственные технологии газотурбинных двигателей» (Пермский национальный исследовательский по-

литехнический университет) осуществляется обучение магистров путем вовлечения в научно-исследовательскую работу, направленную на разработку новых технологических процессов и оборудования под задачи серийного предприятия при непрерывном взаимодействии с наставниками со стороны индустриального партнера и университета. Подобный подход реализует возможность создавать и отрабатывать новые технологические процессы, с их последующим внедрением на серийное производство. Для студентов ПИШ возможно выполнение выпускной квалификационной работы в формате «технология как диплом». Подробности реализуемой практики представлены в приложении 44.

Научно-исследовательская работа студентов является одним из основных инструментов формирования компетенций у студентов. Одно из главных отличий подготовки инженеров в ПИШ «Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии» (Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева) заключается в том, что оно базируется на перспективных научных исследованиях, проводимых совместно с высокопроизводительным сектором экономики – предприятиями ГК «Росатом», направленных на решение фронтальных задач атомной отрасли: новые реакторные установки, цифровые системы, новые материалы и кибербезопасность, инженерные системы для лазеров, водородная энергетика. В основе обучения принцип «образование через науку» – абсолютно все студенты ПИШ участвуют в работе новых лабораторий, для них, начиная с первого года обучения, предусмотрена возможность трудоустройства в лабораториях ПИШ. Подробности реализуемой практики представлены в приложении 45.

В ПИШ «Когнитивная инженерия» (Новосибирский национальный исследовательский государственный университет) реализована полевая геофизическая школа «FieldCamp». Основной целью данной практики является развитие профессиональных компетенций студентов профильных вузов в области получения, анализа и обработки геофизических данных методами, наиболее востребованными в индустрии на данный момент. Программа лагеря предусматривает сочетание теоретической подготовки и практического (“в поле”) освоения методов и навыков обработки геофизических данных, а также освоение работы на геофизическом оборудовании.

Выбор методов зависит от особенностей изучаемых объектов и производится при участии студентов. Подробное описание практики представлено в приложении 46.

2.4. Организация практик и стажировок студентов

Студенческие стажировки и практики являются хорошо изученными и повсеместно применяемыми методами подготовки инженерных кадров. Особенность данных практик подготовки заключается в возможности студентов ознакомиться с реальными задачами предприятий, освоить профессиональные компетенции через реальное применение знаний и навыков на практических задачах и установить контакты с возможным будущим работодателем. Методы организации стажировок и практик отличаются в зависимости от организации, на базе которых реализуются стажировки и практики.

2.4.1. Российский опыт

Стажировки и практики в российской высшей школе достаточно обширны и занимают важное место. В сущности, практика тесно связана с научно-исследовательской работой. Нередко студент, направляясь на практику, одновременно с этим проводит персональное исследование.

Различают несколько видов практик: учебную, ознакомительную, производственную и преддипломную. Учебная практика является начальным этапом знакомства студентов с выбранной профессией. Она может проводиться как в вузе, так и на предприятии-партнере, с которым у вуза заключен договор. Считается, что такие практики непродолжительны и длятся несколько недель. Во время этой практики студенты могут прослушать краткий учебный курс. Ознакомительная практика также непродолжительна. Ее отличие от учебной заключается в цели: ознакомительная практика больше знакомит студента с особенностями отрасли, конкретного ее представителя, нежели старается передать детализированные специальные знания.

Производственная практика студента более индивидуальна и продолжительна. Ее сущность отражена в названии: студент при-

крепляется к предприятию и становится практически его полноценным сотрудником. Таким образом студент на своем опыте знакомится с тонкостями профессии, приобретает практический опыт. Как правило, студенты обязаны отчитываться о ходе практики в вузе. Для этого они ведут журнал практики, отмечая там свой прогресс. У студента, как правило, имеется куратор от вуза и от предприятия. По завершении практики студент предоставляет отчет в вузе для получения зачета по дисциплине.

Значимость производственной практики очевидна. Этот этап обучения дает студенту шанс заранее понять, как устроена его будущая профессия, а также получить важные контакты в отрасли. Последнее может сыграть ключевую роль при приеме на работу, поскольку студент может предоставить рекомендации от действующих сотрудников отрасли своему будущему работодателю.

Преддипломная практика тесно связана с написанием выпускной квалификационной работы. Нередко производственная практика переходит в преддипломную и может выполняться студентом в том же месте. Преддипломная практика содержит элементы исследования и в этом она соприкасается с научно-исследовательской работой. Цель этой практики уже заключается в том, чтобы дать студенту все необходимые ресурсы для написания выпускной квалификационной работы, а также создать требуемые для этого условия.

Российская практика показывает, что студенты, проходящие производственную и преддипломную практику, могут быть трудоустроены. Этот фактор играет важную роль, так как позволяет получить студентам стаж работы в отрасли. Это немаловажно с той точки зрения, что работодатели практически во всех случаях предъявляют к кандидатам на должность требования в виде опыта работы по специальности. Для молодых специалистов это требование часто является трудновыполнимым. Поэтому контакт вуза с представителями отрасли делает важный вклад в первые ступени карьерной лестницы будущих выпускников.

2.4.2.Международный опыт

В международном сообществе стажировки также занимают важное место в образовательном процессе. В большинстве случаев

стажировки проводятся на последних годах обучения [50–53]. Организация стажировок в целом придерживается единой схемы: студент подает заявление на стажировку работодателям самостоятельно, а те в свою очередь отбирают наилучших кандидатов. Продолжительность стажировок может варьироваться от нескольких недель до года; стажировка может быть оплачиваемой или бесплатной; из-за эпидемии коронавируса стажировка теперь может быть дистанционной или в смешанном формате. Дистанционность некоторое время была вынужденной мерой, необходимой для удержания уровня заболеваемости, хотя и не полностью одобряемой работодателями. Однако, после смягчения коронавирусных ограничений, стажировки и практики стали вновь возвращаться к очному формату.

Студенты охотно участвуют в программах стажировки, часто – более одного раза. Как показывает статистика последнего десятилетия, порядка 60% студентов участвовали в стажировках. Однако в последние годы эта цифра заметно снизилась из-за возникшего экономического кризиса и эпидемии коронавируса. Работодатели стремятся переломить эту ситуацию и им это удастся. Несмотря на трудности, рынок стажировок вновь перешел хоть и к медленному, но росту, поскольку это по-прежнему привлекательный инструмент не только для студентов, но и индустрии.

Экономический кризис становится причиной кризиса на рынке труда, при котором работодатель вынужден начать борьбу за хорошего кандидата в сотрудники, это относится и к стажерам. Сократившееся количество студентов создает дефицит рабочей силы (в том числе – и стажеров), поэтому при организации стажировок работодатель начинает уделять больше внимания не только своей личной заинтересованности в привлечении молодых кадров, но и созданию заинтересованности у студентов в прохождении практики именно у него. На текущий момент формируется несколько трендов по повышению привлекательности практики. Наиболее распространенная из них – отказ от неоплачиваемой практики, поскольку современный студент крайне заинтересован в получении заработка за любую свою работу. Другим важным фактором является помощь в переезде и поиске жилья. Студент – молодой сотрудник с ограниченным опытом, и любая помощь в его адаптации к работе будет приветствоваться. Для этих целей может формиро-

ваться, например, отдельная база знаний или справочных материалов для стажеров, где содержатся ответы на наиболее часто задаваемые вопросы. Для лучшей организации стажировки как процесса в целом требуется тщательное планирование. Хорошей практикой является выделение отдельного менеджера, который курирует организацию стажировки в компании.

Отдельное внимание стоит уделять рекламе стажировок. Студенту необходимо заранее знать, какие у него есть возможности в прохождении практики и что его потенциально ждет. Для этого работодатель может принимать участие в ярмарках вакансий, выступать на публичных мероприятиях с презентациями о себе.

Наконец, очень важно настроить механизм обратной связи, при котором студенты могут донести до работодателя свою удовлетворенность практикой и, возможно, предложить способы ее улучшения. В этом могут помочь опросы, сбор статистики, взятие интервью у стажеров и поддержание контакта с ними уже после завершения стажировки.

2.4.3. Практики ПИШ

Наиболее эффективный инструмент превращения знаний и навыков студентов в компетенции — это практики и стажировки в связанных со специальностью предприятиях. Использование знаний и навыков при выполнении производственных задач на протяжении сравнительно большого времени позволяет студентам освоить и закрепить свои навыки и сформировать компетенцию. С учетом того факта, что перед программой ПИШ стоит сложная задача по подготовке современных специалистов с передовыми знаниями и компетенциями, вопрос о прохождении студентами практик и стажировок является одним из наиболее важных. Необходимо не только обеспечить высокий уровень практик и стажировок, но и поддерживать мотивацию студентов для результативности обучения.

В ПИШ «Цифровое производство» (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина) применяется несколько подходов для увеличения эффективности и результативности практик и стажировок студентов. Для поддержки стремления к самостоятельному внеучебному прохождению прак-

тик и стажировок в ПИШ осуществляется предоставление гранта для участия в практиках и стажировках вне рамок образовательного процесса. Это связано не только с практиками и стажировками, но и с финансовой мотивацией в других отраслях студенческой деятельности. Реализуются программы выплат повышенной стипендии, выплат денежных премий за достигнутые успехи, моральные поощрения (сертификаты, благодарности, грамоты и т.п.). Персоналии участников Программы стимулирования определяются Конкурсной комиссией УПИШ. Подробности реализуемой практики представлены в приложении 47. Также ПИШ «Цифровое производство» (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина) обеспечивает высокую информированность студентов о возможных практиках и стажировках, через демонстрацию результатов самими студентами, прошедшими практику или стажировку. Результаты стажировки ее участники представляют в форме доклада на конференции УПИШ.

Стоит выделить практику ПИШ «Агробиотек» (Национальный исследовательский Томский государственный университет) по формированию индивидуальной образовательной траектории студента в зависимости от места предпочтительного прохождения практики, стажировки или предполагаемого места работы (при условии, что работодатель является индустриальным партнером ПИШ). Подготовка кадров в ПИШ «Агробиотек» направлена на формирование уникальных навыков, необходимых для реализации производственных задач биотехнологического рынка. Индивидуальная образовательная траектория студентов ПИШ формируется в рамках нескольких крупных направлений. Индивидуальные навыки формируются в ходе обучения за счет модульной системы обучения и получения практических навыков через решение кейс-задач, сформулированных индустриальным партнером. При формировании ИОТ важную роль также играет модульная система программ, выступая в качестве драйвера развития подготовки новых кадров и экономики по направлению «Агробиотек». Подробности реализуемой практики представлены в приложении 48.

ПИШ «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» (Дальневосточный федеральный университет) имеет опыт и возможность подстройки сроков прохождения стажировки студентами (рассредоточенная/сконцентрированная) индивидуально под

каждого студента и требования организации, принимающей стажера. Подробности реализуемой практики представлены в приложении 49.

Интересный опыт имеет ПИШ «Промхимтех» (Казанский национальный исследовательский технологический университет) по организации прохождения магистрантами стажировок вне рамок образовательной программы на предприятиях с наставниками. Интересной и эффективной практикой в ходе реализации названных стажировок стала постановка конкретной производственной задачи перед каждым магистрантом в периметре компетенций наставника. При этом задача была строго индивидуальна и не предполагалась к согласованию с наставником, сформирована дирекцией передовой инженерной школы. Данная практика инициировала повышенную активность магистранта и раскрытие уникальных практических знаний со стороны наставника. По итогам стажировки каждый магистрант защищал и обосновывал найденное решение поставленной задачи, включая технологические и экономические параметры, в форме презентации и устного сообщения перед комиссией ПИШ и своими сокурсниками.

В ПИШ «Высшая школа авиационного двигателестроения» (Пермский национальный исследовательский политехнический университет) для обучающихся магистров проводятся практики на площадке партнера F2 Инновации в формате производственных и бизнес-стажировок с представителями компании. Подобные практики обеспечивают знакомство с передовыми технологическими решениями в области 3D печати новыми материалами, знакомство с лучшими практиками в области применения FDM и FGB печати для задач авиастроения. Также магистры знакомятся с требованиями к компетенциям, предъявляемыми представителями бизнес-компаний в области инжиниринга и цифровых решений для производства. Таким образом, магистры получают комплексные знания для дальнейшего развития в рамках образовательного процесса ПИШ, а также для развития и трансляции новых технологий и знаний у индустриального партнера. Подробности реализуемой практики представлены в приложении 50.

2.5. Специальные образовательные пространства

Одним из обязательных условий формирования профессиональных компетенций у студентов является применение знаний и навыков на практических задачах в условиях, приближенных к реальной профессиональной обстановке. В данном случае, под профессиональной обстановкой следует понимать рабочее место, оборудованное профессиональным инструментарием, оборудованием и обладающее функционалом рабочего места в реальной компании – будущем работодателе студента. Использование студентами современного профессионального оборудования и инструментария при выполнении практических, лабораторных и научно-исследовательских работ позволит сформировать навык использования подобных средств, что уменьшит время дополнительного обучения выпускников на рабочих местах.

2.5.1. Международный опыт реализации практик специальных образовательных пространств

Инструменты, используемые в образовательном процессе, совершенствуются непрерывно. Мировой опыт показывает неуклонный рост значимости IT-технологий во всех сферах, включая академическую среду. Современные тренды в образовании заключаются в повсеместном внедрении цифровых решений. Например, достижения в мультимедийных и цифровых технологиях сделали инструменты виртуальной реальности доступными для массового пользователя. Недавнее создание относительно дешевых и доступных массовых моделей шлемов виртуальной реальности в совокупности с интенсивным развитием видеоигр привлекло внимание академической среды и промышленности. Виртуальная реальность рассматривается ими как новый вид образовательной и тренировочной среды. В ней обучающиеся свободно могут практиковаться во взаимодействии с комплексными инженерными системами, осваивать технологический процесс или производство, либо иметь неограниченный доступ в учебно-исследовательские лаборатории. Пандемия COVID-19 ускорила внедрение виртуальной реальности в образовательный процесс. Сегодня рассматриваются два подхода в его реализации. Первый вариант – дополненная реальность, в ко-

торой учащийся, находясь в реальной лаборатории/мастерской/производственной среде, получает данные и информацию о процессе на цифровые устройства в режиме реального времени, например, планшеты, смартфоны, очки. Таким образом расширяется осведомленность о протекающих физических процессах и работе оборудования. Второй подход – создание виртуальных пространств (лаборатории/мастерские/производства), являющихся либо уникально созданными, либо цифровыми двойниками реально существующей инфраструктуры [54].

Цифровые пространства предлагают ряд преимуществ. Например, обучающийся может получить неограниченный доступ к сложному и уникальному оборудованию, а также возможность свободной работы на нем без риска его повреждения, создания аварийной ситуации с последствиями (актуально, например, для химической и радиологической отрасли), ущерба для здоровья. Сам по себе образовательный процесс может быть более наглядным, так как студент, благодаря возможностям цифровых технологий, может наблюдать скрытые узлы и механизмы машин, устройств; может наблюдать за процессом с различных ракурсов и в разном масштабе, что недоступно в реальности. Также, являясь индивидуальным инструментом, цифровое пространство предлагает студенту удобный ему темп и необходимую повторяемость образовательного блока. В рамках университета цифровые пространства являются более дешевыми альтернативами реальным лабораториям, не занимая при этом физического пространства. Тем не менее, они не лишены недостатков. Цифровые пространства требуют тщательного моделирования изучаемой среды, наличия квалифицированного обслуживающего ИТ-персонала, а также регулярного обновления для сохранения своей актуальности [54].

Полностью отказаться от обучения в «живом» формате в академической среде не готовы. Об этом же говорят и сами студенты. Порой инструмент виртуальной реальности приводит к худшим результатам образования, нежели традиционная форма обучения. Причиной тому могут быть, например, перегрузка сенсорного восприятия у обучающегося, отвлекающая фоновая информация или недостаточная структурированность среды [55]. Однако тенденция комбинирования «реального» и «виртуального» обучения в мире

уже сформировалась. Подобная практика успешно применяется в различных мировых университетах [56].

В рамках европейского проекта ERASMUS+ Janus был создан цифровой двойник лаборатории по робототехнике с интерактивной системой оценивания учащегося. Эта система сразу указывает учащемуся на его ошибки и предлагает их немедленно исправить. В Уханьском университете науки и технологий в Китае была создана виртуальная платформа для химиков-технологов, имитирующая полномасштабное химическое производство. Платформа выполнена в виде трехмерной графической среды, воспроизводящей локацию химического завода. Студенты, используя виртуального персонажа, должны управлять протекающим на заводе химическим производством. Платформа позволяет студентам вносить изменения в операционные режимы, знакомиться с инструкциями по безопасности, а также участвовать в ликвидации нештатных и аварийных ситуаций. Виртуальная платформа разработана на открытом трехмерном движке, используемом для создания компьютерных игр (Unity3D). Сама платформа также использует сторонние приложения и программы для создания трехмерных моделей оборудования, внутреннего интерфейса, графических и звуковых эффектов, а также симуляции физического процесса (Google SketchUp, The Visual Studio 2013, Next-Gen UI kit, и т.п.) [57].

В Рурском университете в Бохуме (Германия) создан цифровой двойник лабораторного гидравлического контура. Двойник имеет подключение к реальной установке. Студенты, используя компьютеры со шлемом виртуальной реальности, могут управлять контуром удаленно и видеть результаты своих действий [58].

В Чешском техническом университете в Праге реализован оригинальный проект онлайн-лаборатории реально существующего и функционирующего исследовательского ядерного реактора VR-1 – исследовательского реактора нулевой мощности бассейного типа. Суть заключается в том, что студенты, физически находясь за пределами реакторного здания, с помощью онлайн-коммуникаций подключаются к цифровой инфраструктуре лаборатории через специально разработанное приложение SWIRL (SoftWare for Internet Reactor Lab). В режиме реального времени она передает показания датчиков реактора, доступные для дальнейшей обработки студентами, а также ведет непрерывную видео- и аудиозапись реакторно-

го зала и пульта управления. Персонал реактора при этом находится на рабочих местах, осуществляя контроль и управление установкой, а также выполняя программу занятия, например, вывод реактора в критическое состояние. В реакторном зале также находится один или несколько преподавателей, кто читает студентам лекцию, попутно объясняя происходящее и беседуя с персоналом. На базе лаборатории реализован курс из шести лекций для студентов, включающий технический тур по реактору, подход к критическому состоянию, изучение кинетики реактора, калибровку стержней управления, изучение характеристик безопасности эксплуатации установки, а также составление карты потоков нейтронов. Лаборатория ведет также просветительскую деятельность для учащихся школ, устраивая короткие открытые уроки через трансляцию на YouTube [59].

В Университете Рея Хуана Карлоса (Испания) создана иммерсивная среда Fluid LabVir, дополняющая лабораторный курс по механике жидкостей и газа. Среда представляет веб-сайт, где студенты могут ознакомиться с теоретической частью по изучаемому физическому явлению, посмотреть поясняющие видеоролики, медиа-материалы, перейти к объясняющим видеороликам об устройстве реальных установок в лаборатории университета и, наконец, перейти к главной части ресурса – иммерсивному симулятору. Симулятор является копией реальных экспериментальных установок университета. Он выполнен в виде окна, на котором приведена схема установки, окна управления основным оборудованием (насосы, вентили и т.п.), а также окна считывания показаний датчиков. С помощью симулятора студенты впервые знакомятся с установкой через простые опыты. Сама по себе среда не заменяет реальную лабораторию, но позволяет студентам хорошо подготовиться к занятиям через новую технологию обучения [60].

В школе Химического машиностроения в Университете Аалто (Финляндия) разработана интерактивная виртуальная веб-лаборатория по химии для изучения техники безопасности, оснащенная модулем цифрового экзамена с автоматической оценкой [61]. Платформа позволяет свободно перемещаться по лабораторным помещениям, взаимодействовать с окружением, а также запускать встроенные видеоролики, слайд-шоу и мини-игры.

Левенский университет (Бельгия) погружает студентов в виртуальную среду, демонстрирующую процесс изготовления мыла, а также его историческую эволюцию [62]. Студенты поэтапно проходят через средневековый процесс мыловарения, современный лабораторный процесс, CFD-анализ процесса в лабораторных реакторах и, наконец промышленное производство. Это позволяет студентам изучить сложный химический процесс с разных точек зрения.

В инженерной школе Эдинбургского Университета (Шотландия) создана интерактивная удаленная лаборатория по изучению настройки и управления электродвигателей с циклом лабораторных работ для студентов [63]. Учащиеся через специальный интерфейс в режиме реального времени получают удаленный доступ над оборудованием, а также принимают сигналы от датчиков и визуально контролируют состояние установки через видеокamеры наблюдения. Таким образом, студент физически не привязан к лаборатории, но может работать с реальными устройствами.

Идентичный подход в проведении лабораторных работ старается развивать международная платформа LabsLand [64], идеей которой является объединение удаленных лабораторий из университетов по всему миру. С помощью платформы студент может подключаться к работе из предлагаемого каталога и выполнять ее, имея дистанционный доступ к органам управления установки и возможность получения данных в реальном времени. На текущий момент платформа предлагает работы по биологии, химии, электротехнике, общей инженерии, робототехнике, мехатронике.

Следующей тенденцией в создании новых образовательных инструментов являются «серьезные игры» (англ. «Serious games»). Серьезная игра – программа, которая в игровой форме погружает учащихся в конкретную инженерную задачу или процесс, обучая знаниям и умениям, необходимым для ее решения. Такая программа содержит элементы видеоигр (баллы, награды, задания) для повышения привлекательности и интереса процесса обучения, но при этом она полностью сосредоточена на реальной прикладной проблеме или процессе [65].

Одним из примеров серьезной игры является игра COSIGA, цель которой заключается в создании коммерчески успешного грузового автомобиля для существующего рынка. Игрокам в количестве 5

человек предстоит пройти через все этапы создания продукта: анализ рынка, определение технического задания, проектирование продукта, создание производства и логистических цепочек, маркетинг. Решение задач и возникающих в ходе игры проблем осуществляется через коммуникацию между всеми игроками, без которой достижение успеха невозможно [66].

Этот продукт был разработан в Бременском институте производства и логистики, являющемся в настоящее время одним из крупнейших исследовательских институтов Германии. В его портфолио также входят и другие серьезные игры. Например, SmartCity – однопользовательская игра по созданию «умного» города, где необходимо повышать безопасность и эффективность его различных районов, учитывая их взаимное влияние.

Более простыми вариантами серьезных игр являются игры-викторины. Например, серия игр-викторин по органической и неорганической химии, в которой студенты отвечают на различные вопросы с вариантами ответов [67–72].

Сфера серьезных игр продолжает активно развиваться. На текущий момент можно найти игры по многим направлениям инженерной подготовки: электротехнической [73], общемеханической [74–75], промышленного и гражданского строительства [76] и другие.

Активно развивается проектное обучение. Оно базируется на идее вовлечения студентов в среднесрочный или долгосрочный исследовательский или инженерный проект на правах полноценного исполнителя. Стоит отметить, что проект может реализовываться как на уже имеющейся инфраструктуре вуза, так и на специально созданной для него. Как правило, подобное обучение ограничивается рамками одного конкретного проекта и по его завершении требуется создание нового. Студенты могут участвовать индивидуально, но чаще в проекте задействуются группы студентов. Это помогает им не только развивать технические знания и умения, но и отрабатывать навыки работы в команде, с распределением ролей и зон ответственности [77].

В Политехническом университете Мадрида студенты участвовали в создании аэростатного зонда для изучения конвективного теплопереноса в стратосфере. Перед студентами стояла задача пол-

ного проектирования и создания зонда в лабораториях и производственных помещениях вуза за 5 месяцев [78].

Традиционные учебные лаборатории также не теряют актуальности в наши дни. Вместе с тем некоторые вузы стремятся создать уникальную инфраструктуру, в которой студенты были бы вовлечены не только в выполнение рутинных стандартных заданий, а также в разработке и тестировании реальных технологий и устройств. В целом такие лаборатории могут казаться похожими на проектное обучение. Однако проектное обучение предполагает работу в рамках одного конкретного задания, в то время как лаборатории предлагают инфраструктуру, на базе которой возможна реализация нескольких проектов, а также непрерывное проведение исследовательской деятельности.

Одним из примеров передовой лаборатории является StarLab в Туринском политехническом университете (Италия) на кафедре механической и политехнической инженерии. В ней проводится создание малых спутников (Cubesats), их тестирование, а также планирование их миссий [79]. Цель команды студентов и исследователей лаборатории – подготовить будущих профессионалов космической отрасли на примере выполнения реальной космической миссии, начиная с разработки аппарата и заканчивая его эксплуатацией на орбите. При этом студенты принимают непосредственное участие в программе на всех ее этапах. Студенты-бакалавры прикрепляются к лаборатории для прохождения обязательной практики в рамках образовательной программы по космической инженерии. Магистры, принимая участие в разработке систем аппарата и их миссий, готовят магистерские работы. Аспиранты являются руководителями работ по созданию одиночного аппарата и координируют работу внутри своей группы между бакалаврами и магистрами. Лаборатория оснащена рядом комплексов: система по разработке аппаратов и их миссий (разработана по стандартам Европейского космического агентства ESA), чистые комнаты для сборки аппаратов, отдел проверки функциональности аппарата, а также контрольный центр коммуникации и управления аппаратом во время его миссии.

В Университете прикладных наук Шмалькальдена (Германия) создана лаборатория для демонстрации современной производственной линии на примере линии по заполнению бутылок жидко-

стью. В учебно-демонстрационной линии используются только промышленные стандарты и оборудование для передачи студентам актуальных знаний о современных технологиях производства [80].

2.5.2. Опыт реализации практик специальных образовательных пространств в Передовых инженерных школах

Во всех действующих ПИШ, а также в большинстве высших учебных заведений Российской Федерации функционируют образовательные пространства 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» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС») и ПИШ «Промхимтех» (Казанский национальный исследовательский технологический университет) 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. Впервые подобный концепт был реализован ещё в 1994 году в Германии, где и была доказана эффективность и результативность подобного метода обучения. 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» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС») площадка «Кинети-

ка» (инжиниринговый центр быстрого промышленного прототипирования высокой сложности «Кинетика») полностью соответствует классической концепции «Learning factory» и включает в свой состав высокотехнологичное оборудование общей стоимостью около 500 миллионов рублей. В рамках деятельности СОП проводятся практики и стажировки студентов, а также планируется проведение исследований в области аддитивных технологий. Подробное описание практики приведено в приложении 51.

В ПИШ «Промхимтех» (Казанский национальный исследовательский технологический университет) 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» встроены 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. Подробное описание практики приведено в приложении 52.

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 другое.

В ПИШ «Цифровое производство» (Уральский федеральный университет имени 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 приложе-

ния, хранение виртуальных рабочих мест и пользовательских данных. Подробное описание практики приведено в приложении 53.

В ПИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (Московский физико-технический институт) 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» (Московский физико-технический институт) также активно используется Виртуальный полигон предназначен 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» (Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева) в рамках подготовки по специальности 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (направление «Цифровые технологии управления технологическими процессами атомных станций нового поколения») используется 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 разработ-

кой систем реального времени в атомной отрасли. Подробное описание практики приведено в приложении 54.

В ПИШ «Передовая медицинская инженерная школа» (Самарский государственный медицинский университет) 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. Подробное описание практики приведено в приложении 55.

В рамках проекта ПИШ при участии других федеральных программ, ПИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет 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. Подробное описание практики приведено в приложении 56.

В ПИШ «Интегрированные технологии в создании аэрокосмической техники» (Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королева) 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. Подробное описание практики приведено в приложении 57.

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

В ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш»» (Донской государственный технический университет) в 2022 году было создано специальное образовательное пространство – «Многофункциональная лаборатория имитационного моделирования и виртуальной реальности». Целью создания лаборатории является выполнение проектов и решение прикладных задач с применением технологий виртуальной реальности. Подробное описание практики приведено в приложении 58.

Другим примером применения виртуальной реальности является «VR комплекс диагностики компетенций», который был запущен в ПИШ «Передовая медицинская инженерная школа» (Самарский государственный медицинский университет). Данные пространства широко используются для проведения исследовательских и тестовых работ в виртуальной реальности. Подробное описание практики приведено в приложении 59.

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» (Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева), в числе которых – лабораторные работы с радиоактивными материалами, сильными кислотами и взрывоопасными составами. Более того, подобная практика позволяет осуществить цифровую трансформацию образовательного процесса с использованием

новейших технологий. В число возможных преимуществ реализации входит разработка специализированных цифровых тренажеров, конструкторов тренажеров и методологических рекомендаций для преподавателей. Подробное описание практики представлено в приложении 60.

2.5.3. Анализ направлений реализации практик специальных образовательных пространств в передовых инженерных школах

Из всех практик СОП, представленных в ПИШ на данный момент, были упомянуты 10 практик, выделяющихся своим подходом, новизной, размером задействованных средств или метрикой достигнутых результатов. Также ранее были рассмотрены 14 референтных научных трудов с описанием международного опыта и 2 работы с описанием опыта российских исследователей в области реализации специальных образовательных пространств в инженерном обучении. По результатам обзора, можно сделать вывод, что методы реализации практики специальных образовательных пространств значительно различаются как по типу пространства (материальное, цифровое, смешанное и др.), так и по подходу к образовательному процессу в рамках данного пространства (самообучение, тестирование, проектная деятельность и др.).

Исходя из анализа результатов литературного обзора, были отобраны основные направления реализации практики «Специальное образовательное пространство». В табл. 1 приведено сравнение соответствия наиболее популярных направлений реализации данной практики в российском и международном опыте и в Передовых инженерных школах.

Из результатов сравнения, проведенного в табл. 1, можно сделать вывод, что реализация практики специальных образовательных пространств в ПИШ соответствует наиболее актуальным и обсуждаемым направлениям реализации данной практики в международном и российском опыте. Таким образом, приведенные примеры реализации практики «Специальные образовательные пространства» в ПИШ способствуют основной задаче проекта Передовых инженерных школ – модернизации инженерного образования и до-

стижения современных передовых показателей и качеств образовательного процесса будущих инженеров.

Таблица 1

Анализ затрат на реализацию ряда практик ПИШ в области СОП

№	Основные направления реализации практик «Специальных образовательных пространств»	Соответствие основных и реализуемых практик «Специальные образовательные пространства»	
		Российский и международный опыт (16 научных работ)	Практики ПИШ (10 практик)
1	Виртуальные и смешанные лаборатории	5	4
2	Цифровые информационные пространства	4	4
3	«Learning factory»	4	2
4	Проектная деятельность студента	4	1
5	Цифровые интерактивные пространства	2	3
6	Цифровые двойники	2	2
7	Полный жизненный цикл изделия	2	0
8	Личное интерактивное взаимодействие	1	0

2.6. Взаимодействие с индустриальными партнерами и привлечение внебюджетного финансирования

Установление плотного и обширного взаимодействия индустриальных партнеров и передовых инженерных школ является основной задачей федеральной программы ПИШ и её наиболее важным элементом. Формирование 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.

Одним из методов успешного взаимодействия является привлечение средств индустриального партнера для реализации задач в рамках ПИШ. Финансирование программ, мероприятий и иной деятельности передовых инженерных школ несет большую нагрузку на бюджет ПИШ. В связи с этим каждая ПИШ ищет свои пути компенсации затрат и заработка дополнительных средств.

2.6.1. Российский опыт

Традиционно в России уделяется большое внимание взаимодействию вузов с отраслью. Основой этого взаимодействия является пересечение взаимных интересов обеих сторон. Интерес индустрии состоит из нескольких слагаемых. Первое – подготовка молодых кадров согласно своим запросам и потребностям. Пути достижения этой цели различны. Один из них – разработка образовательных программ во взаимодействии с партнером, в рамках которой определяются приоритетные блоки и модули, выстраивается структура программы в целом. Более глубокой формой взаимодействия является создание профильных выпускающих кафедр в вузе, готовящих профильных специалистов в интересах индустриального партнера. Для улучшения качества подготовки студентов вуз может привлекать специалистов из отрасли, обладающих уникальным опытом и знаниями для проведения занятий или научного руководства над студентами. Возможно также прохождение курсов дополнительного образования и практик преподавателями с целью актуализации их знаний. Кроме того, образовательные программы практически всегда предполагают прохождение самими студентами производственных и дипломных практик на предприятиях, позволяя им на практике применить полученные знания, приобрести новый реальный практический опыт и ближе познакомиться с профессией.

Индустриальные игроки также взаимодействуют с вузом как с площадкой по собственной рекламе и отбору наилучших кадров. Традиционно во многих университетах проводятся дни карьеры и ярмарки вакансий, где сотрудники компаний и будущие выпускники могут познакомиться лицом к лицу и обсудить возможности трудоустройства. Ряд вузов предлагает создание центров карьеры, работающих со студентами на постоянной основе. В его задачи, как правило, входит мониторинг свободных вакансий у компаний-

партнеров, консультации по трудоустройству и информирование учащихся о самих компаниях (их профиль, направление деятельности, цели и т.п.). Центр карьеры также может выступать как посредник в организации практик и стажировок, о которых было упомянуто выше.

Заинтересованность индустрии в вузах не ограничивается только подготовкой и поиском кадров. Распространенной практикой является обращение к вузам как к научным организациям для выполнения научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ. В данном случае университеты выступают в качестве центра знаний и компетенций. Взаимодействие может выражаться в форме заключения разовых договоров и контрактов. Компании таким способом могут получать двойную выгоду. С одной стороны, они решают возникающую практическую задачу, с другой – исключают необходимость постоянного содержания штата узкопрофильных специалистов и исследователей. Однако существуют случаи, когда подобная кооперация индустрии и вуза принимает более широкий и долгосрочный характер, например, в виде создания научных и отраслевых центров, лабораторий и отделов, образования дочерних компаний. Такие структуры, как правило, обособляются и имеют отдельный штат как из сотрудников вуза, так и совместителей из числа сотрудников от индустрии. Нередко в таких крупных проектах участвует несколько смежных по тематике вузов и компаний.

Одним из примеров крупного индустриального взаимодействия вузов является Научно-образовательный центр “Передовые производственные технологии и материалы”, объединяющий в себе 9 вузов Челябинской, Свердловской и Курганской областей, а также десять научных организаций и 57 индустриальных партнеров [81]. Центр ведет деятельность по разработке новых материалов и технологий для аэрокосмической отрасли, новых видов энергетики, а также экологии городской среды и промышленности.

Другим примером является НОЦ мирового уровня «Инновационные решения в АПК», куда входят 21 вуз, 31 научная организация и 22 отраслевых партнера из Белгородской, Курской, Орловской, Брянской и Калужской областей [82]. Центр ведет образовательную и научную деятельность по направлениям биотехнологий, ключевых технологий и геномной инженерии, производства продо-

вольствия и ветпрепаратов, а также рационального природопользования.

Научный центр мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты» проводит фундаментальные, поисковые и прикладные исследования в области геологии, геохимии и разработки залежей нефти, создание экологических и экономических технологий прогнозирования, разведки и разработки жидких углеводородов [83]. Центр создан на базе геологического факультета КФУ в 2011 году. Институт является правопреемником геологического факультета КГУ.

Активное сотрудничество вузов с индустрией ведет к появлению новых продуктов и технологий. Важным этапом их разработки является практическое внедрение. В наукоемких и технологических отраслях это становится серьезной задачей. Поддержка со стороны индустриальных партнеров в этом вопросе критически важна. Понимая это, компании поддерживают создание стартапов. Причем эта поддержка бывает различного уровня: от консультирования до создания полноценной новой компании со стратегией и бизнес-планированием.

Сотрудничество индустрии и высшего образования несет выгоду и для вузов. Развивая тему создания отраслевых и научных центров, вуз через эту форму взаимодействия получает доступ к дополнительному крупному финансированию за выполнение исследований и разработок. Крупное финансирование также означает доступ к высокотехнологичному и современному оборудованию. Таким образом, преподаватели вуза имеют дополнительный инструмент поддержания своей квалификации и сохранения научных компетенций. Безусловно, такие крупные формы сотрудничества означают вовлечение в решение передовых научных проблем. Стоит отметить, что доступ к актуальным для индустрии тематикам исследований возможен и при сотрудничестве вуза и компаний на меньшем уровне – например, в рамках решения отдельных проблем научными группами и коллективами.

Вопрос финансирования является одним из наиболее важных для университетов, и вузы всегда стремятся увеличить его объем. В России большинство университетов являются государственными учреждениями и, следовательно, они получают бюджетное финан-

сирование. Однако вузы стремятся привлекать и внебюджетные источники [84].

Как правило, университеты используют сразу несколько инструментов их привлечения. Наиболее популярные среди них:

- платное обучение студентов по основным образовательным программам. Способ прост. Любой желающий может заключить договор с вузом на платное обучение по реализуемым им образовательным программам. Соответственно, доход вуза идет из личных средств обучающегося;

- выполнение научно-исследовательских работ по договору [85]. Распространенная практика в высшей школе, при которой заказчик обращается к вузу за проведением исследования на коммерческой основе;

- реализация программ дополнительного образования. Также широко распространенная практика, при которой представители индустрии обращаются к вузу с целью повышения квалификации и обучения своего персонала. Через заключение договора на оказание платных образовательных услуг, университеты предлагают слушателям непродолжительные курсы по требуемым направлениям и тематикам;

- получение дохода от реализации результатов интеллектуальной деятельности; Этот пункт подразумевает получение прибыли от патентов, продажи лицензий, авторских прав и т.п. Нематериальные результаты интеллектуальной деятельности являются следствием разработок и исследований сотрудников вуза и могут изначально принадлежать вузу. Передача результатов интеллектуальной деятельности на возмездной основе создает еще один инструмент по привлечению внебюджетных средств;

- привлечение прибыли от действий малых инновационных предприятий университета. Этот способ также напрямую связан с результатом интеллектуальной деятельности сотрудников вуза. Преподаватели, вовлекаясь в инновационную деятельность, способны создать разработку или технологию, имеющие высокий потенциал коммерциализации. Такие компании получают комфортную площадку для своего развития, предлагающую постоянный доступ к специалистам разных профилей и широкой материально-технической базе. Кроме того, такие инновационные предприятия получают ряд налоговых льгот. В результате успеха, университет

получает в свое распоряжение дополнительный источник финансирования;

- создание эндаумент-фондов. Относительно новая практика в России, но набирающая популярность. На законодательном уровне эта возможность привлечения внебюджетного финансирования появилась в 2007 году, а уже в 2021 году насчитывалось 112 эндаумент-фондов в высших учебных заведениях России [86]. В их основе лежит использование прибыли от так называемого эндаумент-фонда, управляемого некой третьей стороной (как правило, банком). Средства фонда формируются из пожертвований благотворителей в адрес владельца фонда, то есть университета [87]. Эндаумент-фонд может быть сформирован и самим университетом путем регулярных или крупных разовых отчислений. Формирование такого фонда подразумевает выстраивание длительной финансовой стратегии, так как прибыль от вложений будет получена университетом не сразу.

Кроме того, в российской практике отмечается, что развитие этого механизма финансирования университета идет медленнее прогнозов, что может обуславливаться как и новизной инструмента и, как следствие, малый опыт его использования, так и его недостаточно глубокий экономический анализ, снижающий эффективность использования привлеченных средств [88].

2.6.2. Международный опыт

Мировая практика показывает тесное и растущее ежегодное взаимодействие университетов с промышленностью по различным направлениям [89-90]. К ним относятся:

- совместное выполнение научно-исследовательских работ;
- прохождение практик и мастер-классов студентами;
- руководство студентами и аспирантами;
- использование университета или промышленного объекта (оборудование, помещения, базы данных);
- передача знаний и технологий, совместное лицензирование и патентование;
- встречи и консультации представителей индустрии с преподавателями;

- создание дочерних компаний, консорциумов, научных центров и технологических парков;
- совместная разработка учебных программ, создание отраслевых кафедр;
- финансирование индустрией должностей в вузе, предоставление грантов.

Безусловно, сотрудничество университетов и индустрии направлено на получение взаимной выгоды. Несмотря на достаточно широкий спектр форм взаимодействия, в целом можно сказать, что в мировой практике, особенно в странах Запада, его фокус взаимодействия смещен больше в сторону совместных исследований [91-92]. То есть индустриальные представители рассматривают университеты как площадку по получению новых знаний и технологий с возможностью последующей коммерциализации.

Такой подход снижает издержки компаниям, избавляя их от необходимости содержания дорогостоящего штата исследователей и парка оборудования. При этом, то же самое компании получают, обращаясь в вуз для сотрудничества. Успешная работа в этом направлении может трансформироваться в устойчивые взаимоотношения между университетом и индустриальным партнером, что может привести к формированию научных или научно-производственных кластеров. Например, удачный опыт взаимодействия университетов с индустриальными партнерами иллюстрируется сотрудничеством компании Bosch с университетом Минью (Португалия) в рамках программы Bosch-UMinho [93]. Оно началось в 2012 году с проекта под названием NMExcel, направленного на разработку и производство передовых автомобильных мультимедийных решений. Проект получил инвестиции в размере 19,2 миллиона евро, частично финансируемые за счет государственных программ по стимулированию исследований и технологических разработок. В проект было привлечено около 300 действующих и 100 новых исследователей, как со стороны UMinho, так и сотрудников BOSCH. В результате программы было зарегистрировано 12 патентов, опубликовано 32 научные публикации и подготовлено 162 результата интеллектуальной деятельности (технические отчеты и прототипы). Ключом к успеху программы являлось несколько факторов. На этапе организации программы между университетом и индустриальным партнером был разработан документ, подробно

описывающий проблему, цели и потенциальное решение каждой первоначальной идеи проекта, а также назначены два руководителя (от университета и партнера), обладающих одновременно техническими знаниями по теме проекта и управленческими качествами. В помощь им был создан головной офис управления, координирующий проект и снимавший с руководителей часть организационной нагрузки. Важно отметить, что во всех структурных единицах проекта должны были быть включены как минимум по одному представителю от университета и индустриального партнера для обеспечения совместного принятия решений и разрешения конфликтов.

При реализации проекта особое внимание уделялось контролю достигнутых результатов и обмену информацией. На регулярной основе (не реже раза в месяц) отдельные группы проекта представляли отчеты, а также участвовали в обмене информацией с другими группами в виде семинаров, обсуждений, дискуссий, встреч на рабочих местах. Это повышало осведомленность о деятельности коллег и позволяло получить альтернативный взгляд на свои собственные результаты, создавать новые идеи и концепции. Особое внимание уделялось молодым исследователям. При реализации проекта для них создавались максимально привлекательные условия. Из мер поддержки отмечается перспектива присоединиться к отраслевому персоналу, предложение исследовательской карьеры в новых проектах НИОКР; обучения в магистратуре или аспирантуре.

На этапе завершения проекта особое внимание уделялось индустриальному внедрению результатов исследований и разработок. В итоге для автомобильной индустрии были предложены новые мультимедийные системы для BMW i8 и Audi TT, а также система отображения информации на лобовом стекле для Mini.

По результатам сотрудничества UMinho и BOSCH учредили программу подготовки аспирантов в области передовых инженерных систем для промышленности. Также UMinho и BOSCH готовят создание местной академии BOSCH, целью которой является предложение целевых образовательных программ для улучшения технологических навыков работников, переквалифицируя их для карьеры, основанной на технологических инновациях, в промышленности.

Удачное сотрудничество привело к созданию второй совместной программы (INNOVATIVE Car HMI), сумевшей привлечь инвестиции в размере 54,7 млн евро, а также около 270 новых сотрудников [94]. В рамках программы IC-HMI запланировано 417 результатов, подача 22 патентных заявок и 72 научных публикаций. Программа развивает идеи создания перспективных мультимедийных технологий для автомобильной индустрии, человеко-машинных интерфейсов.

Наконец, в 2018 году создана программа iFactory (26,4 млн.евро), основной задачей которой являлись научные и технологические достижения, направленные на повышение уровня производительности, эффективности, гибкости и качества производства на заводе Bosch в Браге (Португалия) [95].

Известен пример крупномасштабного сотрудничества индустрии и университета в Японии в сфере производства лекарств. Фармацевтический производитель Chugai Pharmaceutical заключил сотрудничество с Центром передовых исследований иммунологии в Университете Осаки (Osaka University's Immunology Frontier Research Center, IFReC) [96]. После многолетнего (10 лет) финансирования со стороны государства в размере 1.3–1.4 млрд. иен в год, Университет Осаки развил Центр передовых исследований, превратив его в крупный научный центр. Это привлекло внимание Chugai Pharmaceutical, выразившей интерес во взаимном партнерстве. Его суть состоит в том, что Chugai Pharmaceutical, инвестируя порядка 1 млрд. иен в год в Передовой центр, предоставляет полную свободу в выборе направлений исследований его сотрудникам. При этом, Центр постоянно отчитывается о своих результатах в компанию. Когда исследование подходит к завершающим стадиям, компания оценивает его потенциал с точки зрения коммерциализации результатов и принимает решение, продолжать ли его дальше на совместной основе, либо полностью забрать исследование к себе.

Важным фактором развития успеха совместного сотрудничества является регулярный обмен результатами исследований между сотрудниками Центра и компанией. Каждые шесть месяцев проводятся крупные симпозиумы с докладами по результатам исследований. Также, Chugai Pharmaceutical отправила более десяти сотрудников в Передовой центр, создавая условия, при которых ис-

следователи из Chugai Pharmaceutical и IFReC могут ежедневно проводить как официальные, так и неформальные встречи. На текущий момент сотрудничество набирает обороты, но для развития исследования в области фармацевтики требуется длительное время. Однако уже сейчас заключено около 10 совместных проектов по результатам поисковых исследований, а также получено несколько патентов на изобретения. Стоит отметить, что данное сотрудничество возникло благодаря предшествующей крупной поддержке со стороны государства, позволившей значительно повысить масштаб и уровень Центра передовых исследований иммунологии в Университете Осаки. Именно это, а также оснащенность лабораторий являлись ключевыми показателями для Chugai Pharmaceutical при выборе университета-партнера.

Схожий принцип сотрудничества, которое также принесло положительные результаты, реализован между компанией Boeing и Калифорнийским технологическим университетом [97]. Начавшаяся в 2004 году масштабная программа подразумевала взаимодействие в области технологий интеграции различных систем, однако позже расширилась, затронув исследования по гиперскорости, угрозам горения, автономным системам и квантовой нанофотонике. Калифорнийский технологический университет не является единственным академическим партнером компании. Помимо него, Boeing сотрудничает с девятью другими топовыми мировыми университетами, каждый из которых является лидером в своей технологической области. Принцип Boeing состоит в заключении длительного пятилетнего договора о сотрудничестве, что позволяет осуществлять долгосрочные инвестиции в ключевых преподавателей и студентов. У Boeing было единое контактное лицо для взаимодействия с университетами. Кроме того, компания Boeing использует главного исследователя для управления каждым конкретным проектом в университете и соответствующей работой в компании Boeing в той же области. Сотрудничество компании и университета проходит тесно. Компания и исследователи от университета регулярно участвуют в симпозиумах, проводимых в компании или в самом университете. Корпоративные ученые приезжают в кампус, чтобы посетить и/или поработать в лаборатории своего сотрудника из Калифорнийского технологического института, а преподаватели Калифорнийского технологического института могут

выступать с докладами в компании. Преподаватели университета регулярно предоставляют отчеты и обновленную информацию своим научным партнерам. В результате, компания совместно с университетом проводит ежегодный «Обзор исследований» на территории кампуса для обсуждения проектов и ключевых результатов. Финансирование сотрудничества осуществляется полностью за счет компании. Однако поддержку получают только те проекты, которые считаются многообещающими. Что касается текущих проектов, Boeing и Калифорнийский технологический институт оценивают проекты на основе ранее определенных критериев, а затем определяют, какие из них будут продолжать финансироваться. Многообещающие проекты получали постоянное финансирование в виде спонсируемых исследовательских проектов. Компания дополнительно выплачивает надбавку к стипендиям учащихся и стимулирует их к прохождению практики и последующим заключением трудовых договоров.

Компания Procter & Gamble установила с Университетом Цинциннати долгосрочное сотрудничество [98]. В 2012 году после длительного индивидуального сотрудничества компании с отдельными преподавателями, на базе университета был открыт центр компьютерного моделирования, специализирующийся на расчетах механики конструкций и гидродинамики. Центр симуляции является отдельным подразделением, в котором присутствует “Руководитель от индустрии” – сотрудник компании, отвечающий за подбор проектных задач для центра, его финансирования компанией, подбор сотрудников (включая студентов), а также за взаимодействие центра с компанией. Наличие всего одного сотрудника компании в центре рассматривается как преимущество. Существует всего одна точка соприкосновения компании с университетом, через которую удобнее коммуницировать и решать возникающие проблемы. Кроме него, в руководство центром включен сотрудник университета, отвечающий за управление повседневными задачами и студентами, вовлеченными в работу в центре. Большую часть работы в центре выполняют учащиеся – бакалавры, магистры, аспиранты. Помимо них в центре имеются позиции для пост-доков – молодых ученых после защиты диссертации. Проекты, выполняемые в центре, могут быть как и одновременно дипломными проектами студентов, так и чисто исследовательской работой. Результаты работ, оформленные

в виде интеллектуальной собственности, принадлежат компании, которая ежегодно спонсирует центр на сумму около 1 млн. долларов. Сотрудники центра могут выполнять и свои собственные проекты. В этом случае, права на интеллектуальную собственность будут принадлежать им. С момента открытия центр симуляции получает финансирование только от Procter & Gamble. Несмотря на это, рассматриваются возможности его расширения, включая экспансию в новые области исследования, с привлечением государственного финансирования. На сегодняшний день сотрудничество трансформировалось в создание цифрового акселератора - центра, где студенты разных направлений обучения могут получить помощь в высокопроизводительном моделировании. Центр симуляции рассматривается как очень успешный проект взаимодействия университета и индустрии, через который прошло более 500 студентов за годы его существования.

Необычная форма сотрудничества установилась между Университетом Мэриленда и Управлением по санитарному надзору за качеством и лекарствами США (FDA), а именно – альянс [99]. Вместе они создали Объединенный институт безопасности пищевых продуктов и прикладного питания. Этот институт включает в себя лаборатории, на базе которых проводится подготовка специалистов по анализу пищевых продуктов. При этом, лаборатории оснащены оборудованием от корпорации Уотерс (Waters corp.). Этот альянс стал выгодным решением для всех его сторон: для корпорации Уотерс, которая обучала клиентов работе со своими приборами, но не могла обучить методам пищевого анализа, рекомендованным правительствами и международными организациями; для FDA, которая получила многочисленные запросы на обучение лабораторных аналитиков от иностранных правительств, но не имела достаточных ресурсов, чтобы помочь им всем; для университета Мэриленда, который получил возможность дать студентам университета обучиться на специализированных курсах по пищевой аналитике, а также быть нанятыми в качестве ассистентов для этих же курсов. Важным аспектом для лаборатории является доступ к качественному оборудованию, что позволяет бороться за получение исследовательских грантов, поддерживающих студентов Университета Мэриленда. Это также будет способствовать обучению студентов и заинтересованных сторон из развивающихся стран с помощью

совместных исследовательских проектов. Все это вместе дает уникальные возможности для одновременного развития знаний в области безопасности пищевых продуктов и обучения специалистов для развивающихся стран, которые будут продолжать исследование и, следовательно, создадут сообщество квалифицированных специалистов в своем регионе, используя ресурсы, полученные в рамках созданного альянса. Финансовая модель альянса предполагала поставку оборудования со стороны корпорации Уотерс, а также ее пожертвование на ремонт здания университета. Университет покрывал арендную плату лаборатории и оплачивал содержание информационных ресурсов лаборатории. Выход на самоокупаемость лаборатории происходил за счет получения дохода за свою учебную деятельность. Данное сотрудничество стоит рассматривать как достаточно успешное по нескольким причинам. Во-первых, спустя всего полтора года начался путь к созданию сети подобных лабораторий по всему миру. Во-вторых, за годы работы были обучены специалисты из Гватемалы, Перу, Мексики, Доминиканской Республики, Гондураса, Чили, Пакистана, Китая, Филиппин, Индонезии, Малайзии и самих Соединенных Штатов. Обратная связь говорит о том, что люди, прошедшие обучение, почувствовали рост профессиональных аналитических навыков и лучшее понимание правовой базы в области регулирования пищевой продукции.

Другая успешная форма сотрудничества продемонстрирована на примере бизнес-площадки The Engine Shed в Бристоле (Великобритания) [100]. Она была создана в результате партнерства шести вузов юго-запада Англии и представляет собой большую среду для организации сотрудничества между бизнесом и университетскими исследователями, расположенную за пределами какого-либо отдельного университета. Фактически, это большая коворкинг-зона, предлагающая посетителям отдельные офисы, площадки для публичных выступлений, конференц-залы и т.п. Предприниматели посещают центр, потому что он предоставляет желаемое и полезное пространство для встреч/мероприятий и находится недалеко от транспортных развязок. Площадка призвана помогать устанавливать и поддерживать отношений между теми, кто работает в растущих отраслях, и теми, кто уже имеет сравнительные преимущества в Бристоле. The Engine Shed финансируется из городского

бюджета, но также стремится получать доходы за счет проектов, реализуемых при помощи самой площадки [101].

В международной практике также существуют разные способы привлечения внебюджетных средств в вузы.

Получение денежных средств возможно от различных фондов и программ поддержки. Они могут спонсировать как сами вузы, так и его отдельных студентов или сотрудников в виде грантов. Примерами программ могут служить COSME, Erasmus+, the Health program, the Life program and the Connecting Europe Facility, Horizon 2020, Marie Skłodowska-Curie Actions, Европейский исследовательский совет [102]. Их цель – поддержка многообещающих научных и технологических исследований, построение межгосударственной научной инфраструктуры в Европе, спонсирование обучения и академической мобильности. Аналогом таких организаций в США является Фонд национальных исследований.

Часто средства фондов и программ являются государственными денежными средствами [103]. Тем не менее, их получение заранее не предусмотрено каким-либо финансовым планированием. Их распределение идет на конкурсной основе, поэтому невозможно говорить, что это плановый, предсказуемый источник доходов вузов.

Весомой долей заработка университета может быть выполнение исследований в рамках договоров и контрактов. Здесь также складывается двоякая ситуация. С одной стороны, заказчиком исследования может выступать как коммерческая организация, бизнес (которая и будет плательщиком за счет своих средств), так и государство. Во втором случае университет получает бюджетные средства, но в результате выполнения договора на исследования, конкурируя с другими вузами за право его проведения.

Результаты исследований также могут дать доступ к еще одному способу получения средств. Оформление грантов и результатов интеллектуальной деятельности, создание стартапов дает вузам возможность получать за них отчисления.

Менее распространенным, но набирающим популярность способом заработка является привлечение пожертвований [104]. Спонсорами могут быть как компании, организации, так и частные лица – филантропы, миллиардеры, бывшие выпускники вуза. В этом

случае цели расходования спонсорских средств определяются лишь взаимной договоренностью между вузом и спонсором.

Конечно, не стоит забывать о платном образовании, которое дает доход не только за обучение студентов по основным программам подготовки вузов, но и за программы дополнительного образования и переподготовки.

Эпидемия коронавируса и мировой экономический кризис сделали вопрос финансирования для множества вузов еще более острым. Менее крупные и успешные университеты вынуждены прибегать к привлечению внебюджетного финансирования нецелевыми методами. Например, сдачей в аренду помещений.

2.6.3. Практики ПИШ

Рассмотрев и проанализировав лучшие практики ПИШ, можно выделить три основных подраздела практик: 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, компетентностную модель выпускника ПИШ и иные области обучения студентов в ПИШ. В данном подразделе представлены несколько практик предпринятые ПИШ для уплотнения взаимодействия со своими индустриальными партнерами.

Включение представителей индустриального партнера в состав ГАК, как это было сделано в ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи», может повысить информированность индустриального партнера о ценных кадрах среди студентов и обеспечить контроль качества и актуальности образования в ПИШ. Оценка студента промышленным партнером предусмотрена на четырех этапах взаимодействия: в ходе работы над проектом, в ходе проведения практик и стажировок, в процессе защиты ВКР в качестве члена 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 индустриальных 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 компании. 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 имеют возможность не только проверить на практике знания, полученные на курсах Управления разработкой ПО, Инженерии требований, Управление качеством ПО, Архитектуры программных систем и других, но также возможность экспериментировать во многих аспектах процесса реализации проекта и получить ценный опыт того, как все это работает вкуче. Подробные описания практик представлены в приложении 61.

ПИШ «Цифровой инжиниринг» (Санкт-Петербургский политехнический университет 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 ее 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 внеучебной деятельности, включая стажировки и практики вне рамок

учебного процесса на предприятиях индустриального партнера. Подробные описания практик представлены в приложении 62.

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» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»), которые проводят активное 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». Подробные описания практик представлены в приложении 63.

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» (Донской государственный технический университет) 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". Подробные описания практик представлены в приложении 64.

Ранее была описана практика ПИШ «Судостроение Индустрии 4.0» (Санкт-Петербургский государственный морской технический университет) по адаптации тем НИРС под нужды индустриальных партнеров. Особенность данной практики позволяет её также упомянуть в данном разделе. В рамках данной практики подразумевается, что студенты участвует 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. Подробное описание практики представлено в приложении 41.

В ПИШ «Электронное приборостроение и системы связи» (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники) была организована информационная платформа «биржа проектов». Биржа проектов — это платформа для реализации научно-технических проектов Передовой инженерной школы совместно с компаниями-партнерами при активном участии студентов ПИШ. На данный момент реализуется 25 проектов в сотрудничестве с 16 партнерами. Особенностью практики является возможность студентов ПИШ работать над реальными задачами в рабочем коллективе с ролевым разделением задач в проекте. Подробное описание практики представлено в приложении 65.

Научно-техническое сотрудничество и бизнес-сотрудничество

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

ПИШ «Интеллектуальные системы тераностики» (Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова) 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 промышленного партнера с дальнейшим переносом практических навыков, полученных в ходе реализации технологических проектов в образовательную плоскость посредством ДПО и модулей основных образовательных команд.

В ПИШ «Цифровой инжиниринг» (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого) была проведена разработка документа стратегического планирования научно-технологического взаимодействия с ведущими высокотехнологичными компаниями РФ. Документ представляет собой дорожную карту сотрудничества, включающую план научно-технологического взаимодействия университета с промышленным партнером. Основой кооперации является решение актуальных (фронтирных) наукоёмких мультидисциплинарных инженерных задач в интересах высокотехнологичных отраслей промышленности России с целью обеспечения импортнезависимости, технологического суверенитета, глобальной конкурентоспособности экономики и национальной безопасности России в условиях новой реальности. Образовательный процесс тесно интегрирован с научно-технологической кооперацией ПИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ и партнёров и строится на основе выполнения совместных научных проектов. Подробное описание практики представлено в приложении 66.

В передовой инженерной школе «Промхимтех» (Казанский национальный исследовательский технологический университет) научные проекты выполняются в виде не отдельных хозяйственных 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. Подробное описание практики представлено в приложении 67.

В ПИШ «Передовая инженерная школа Университета ИТМО» (Национальный исследовательский университет ИТМО) была раз-

вита 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.). Подробное описание практики представлено в приложении 68.

ПИШ «Агроген» (Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I) видит федеральную программу 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. Подробное описание практики представлено в приложении 69.

Сетевое взаимодействие между ПИШ и индустриальными партнерами, вузами и другими ПИШ является одной из ключевых точек развития качества инженерного образования в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы». В ПИШ «Передовая инженерная школа гибридных технологий в станкостроении Союзного государства» (Псковский государственный университет) была разработана модель международной сетевой ПИШ, которая включает в себя 4 типа взаимодействия – ПИШ-Академический партнёр,

ПИИШ-Индустриальный партнер, ПИИШ-Консорциум и ПИИШ-ПИИШ. Подробное описание практики представлено в приложении 70.

В ПИИШ Уральского федерального университета реализуется практика организации и проведения стратегических проектных сессий, цель которых – системный анализ и постоянное совершенствование научно-исследовательской и образовательной деятельности школы. Основная задача в области научных исследований – совместный с индустриальными партнерами анализ проводимых и планируемых НИОКТР, формирование общих взглядов на возникающие проблемы, единого смыслового и терминологического поля. В области образования решается подобная задача – согласование видения и выработка подходов к достижению требуемой модели специалиста. Один из основных результатов таких сессий – командообразование, создание коллективов единомышленников, включающих преподавателей школы и ведущих специалистов предприятий партнеров. Подробное описание практики представлено в приложении 71.

В ПИИШ «Когнитивная инженерия» (Новосибирский национальный исследовательский государственный университет) реализуется подход по автоматизации космического эксперимента. В настоящее время активно развивается тематика космических сервисов как для индивидуальных, так и бизнес-пользователей. Для решения подобных задач необходимо создание серии технологий, в том числе, связанных космическими аппаратами и спутниковым оборудованием. Поэтому становится востребованной сервисная инфраструктура, обеспечивающая реализацию летных экспериментов для компаний, которые не имеют необходимых для этого компетенций и инфраструктуры. Подробное описание практики представлено в приложении 72.

Привлечение внебюджетного финансирования

Как уже было отмечено ранее, одной из возможных форм осуществления взаимодействия с индустриальным партнёром является привлечение внебюджетного финансирования в ПИИШ со стороны индустриальных партнеров. Подобное взаимодействие может обеспечить выполнение задач, необходимых индустриальным партнерам по подготовке специалистов требуемой квалификации в ПИИШ. Однако следуют также осветить практики по информированию о

своей деятельности ПИШ и методах привлечения сторонних средств, не связанных с промышленными партнерами.

В ПИШ «Передовая инженерная школа химического инжиниринга и машиностроения» (Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева) функционирует передовой Пресс-видеоцентр, который позволяет проводить запись и монтаж видеоматериалов высокого качества (курсы, лекции, обращения, интервью и т.д.). Подобный актив позволит повысить информированность студентов, провести высококачественные дистанционные ДПО, организовать курсы, вебинары и иную активность, в том числе создать коммерциализируемые информационные материалы. Подробное описание практики представлено в приложении 73.

ПИШ «Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (Московский физико-технический институт) и ПИШ «Когнитивная инженерия» (Новосибирский национальный исследовательский государственный университет) активно продвигают концепцию ориентирования на разработку отчуждаемого продукта с последующей коммерциализацией результатов.

ПИШ «Цифровой инжиниринг» (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого) реализует комплексный подход «Hi-Tech & PR & Marketing», нацеленный на решение двух основных задач. Первой задачей является популяризация в масштабах страны нового технологического направления «Передовые цифровые и производственные технологии». Стратегия решения данной задачи выстраивается по нескольким направлениям в зависимости от групп целевой аудитории. Второй решаемой задачей является построение и реализация стратегии саморазвивающейся системы вовлечения талантливой и мотивированной молодежи в развитие технологического направления. Кроме решения основных задач, подобный подход позволяет увеличить информированность инженерных компаний – возможных заказчиков о возможностях и инструментарии ПИШ, что в свою очередь ведет к росту привлеченных внебюджетных средств. Подробное описание практики представлено в приложении 74.

2.7. Внеучебное взаимодействие со студентами

Внеучебное взаимодействие со студентами ПИШ включает в себя широкий перечень мероприятий, инструментов и методик, нацеленных на совершенствование и развитие студентов, повышение их информированности, мотивации и заинтересованности в профессии и деятельности. Насыщение передовых инженерных организаций РФ высококвалифицированными кадрами является одной из основных задач федеральной программы ПИШ. Исходя из этого практики, направленные на увеличение доли выпускников, трудоустроенных в организации ИП, являются ценной информацией для ПИШ.

Создание стартап-студий и фондов не является уникальной или свежей практикой и реализуется значительным количеством высших учебных заведений РФ. Тем не менее, грантовая поддержка стартап-проектов студентов ПИШ может быть рассмотрена, как метод рекламы выпускников ПИШ для своих индустриальных партнеров и стимулировать молодежное предпринимательство и предпринимательский взгляд у студентов ПИШ, что является одной из желаемых компетенций у новых сотрудников многих индустриальных партнёров.

2.7.1. Российский опыт

Внеучебная деятельность студентов в вузе рассматривается как важная составляющая процесса формирования личности выпускника, а также развития его компетенций и навыков. Все виды активности можно классифицировать двумя способами. Первый способ – выделить направленность внеучебной активности. Она может иметь научную направленность, предоставляя возможность общаться с единомышленниками по кругу научных вопросов, проблем, а также принимать участие во внеучебной научной работе. Также востребованным направлением являются спортивные виды деятельности. Другими популярными внеучебной деятельности являются различные творческие, общекультурные, музыкальные активности, направленные на формирование всестороннего развития учащихся, их воспитания, просвещения и знакомство с культу-

рой регионов и народов, их ценностями. Наконец, существуют также социально направленные и волонтерские виды деятельности.

Классификация по формату внеучебной деятельности тоже широка [105]:

- кружки, секции, клубы – объединения некоторого количества людей, организующих регулярные встречи для занятия любимым делом;
- сообщества – более массовое объединение людей, имеющих общие цели и интересы, объединенные общей проблематикой;
- круглые столы, конференции, семинары – разовые или периодические тематические встречи и обсуждения;
- соревнования, олимпиады, чемпионаты, конкурсы – мероприятия соревновательного характера по различным направлениям;
- информационные ресурсы – стенгазеты, страницы в соцсетях, информационные каналы в мессенджерах;
- ассоциации, советы, профсоюзы – организованные и структурированные формы объединения людей, имеющие социальную и управленческую направленность;
- движения – например, волонтерское движение, стройотряды, экологические движения.

При всей многочисленности видов внеучебной деятельности в российской академической среде процент вовлеченности туда студентов остается невысоким [106–109]. Отмечается, что меньше пятой части студентов занимаются внеучебной активностью на регулярной основе, а в целом около 70 % студентов вообще не принимают участие во внеучебной деятельности. Причинами этого являются высокая академическая загруженность студентов, слабая информированность о внеучебной деятельности в университете, а также отсутствие общего интереса к такого рода деятельности.

Трудоустройство студентов является одним из ключевых показателей эффективности университета. В российской практике вузы стремятся помочь студенту найти работу еще до завершения его образовательной программы. Делать это они могут несколькими способами. Рассматривая их появление на временной шкале процесса обучения, наиболее вероятной первой точкой вхождения студента в профессию является производственная и преддипломная практика. Конечно, отдельные студенты могут самостоятельно

начать свою карьеру по специальности еще на первых курсах обучения. Однако такие случаи редки.

Отправляясь на практику, студенты сталкиваются с реальной атмосферой отрасли, принимаясь за решение реальных практических задач [110]. Степень погружения в практику зависит от ее организации представителем отрасли (который сотрудничает с вузом по вопросу прохождения практики). Однако, если студент выполняет заметный объем работы, он может быть трудоустроен. В результате, помимо освоения учебной программы, студент приобретает реальный стаж работы, особенно необходимый для выпускников. Впоследствии, после завершения обучения, студент может быть приглашен на работу туда, где он прошел практику.

Следующим и достаточно популярным способом поиска студентами работы являются ярмарки вакансий (часто проводимые в вузах) [110]. Ярмарки предоставляют шанс студентам и работодателям встретиться вживую на общей площадке и обсудить возможности трудоустройства. Независимо от того, проходил ли студент практику на том или ином предприятии, был ли ранее знаком с потенциальным работодателем, он может начать трудовые отношения еще во время учебы, если соответствует критериям будущей должности. Роль вуза в этом случае – посредническая. Он выступает связующим звеном между индустриальными партнерами и группой заинтересованных студентов. Другой вариант – организация центров карьеры в вузе, которые ведут целенаправленную работу по поиску потенциальных кандидатов на открытые должности в отрасли и параллельно с этим ведут сбор информации об открытых вакансиях. Дополнительно стоит отметить дни открытых дверей в вузе. Хотя формально они предназначены для абитуриентов, дни открытых дверей дают шанс рассказать будущим студентам о потенциальных работодателях, их особенностях. Не исключено, что эта информация будет использована затем абитуриентами после завершения обучения и выпуска при поиске работы.

2.7.2. Международный опыт

Международная практика внеучебных мероприятий для студентов также широка и направлена как на социально-культурное развитие учащихся, так и на развитие их профессиональных навыков.

Учитывая высокую мобильность студентов в мире, внеурочным мероприятиям отводится еще одна важная роль – интеграция иностранных студентов в жизнь студенческого сообщества их нового университета и региона в целом [111].

Разнообразие форм мероприятий для студентов потрясает воображение [112]. Для тех, кто увлечен какой-либо изучаемой дисциплиной, открывают двери тематические клубы (например, химический, математический, инженерный и пр.). Здесь предоставляется возможность как обсудить интересующие вопросы и темы с единомышленниками, так и принять участие в предметных соревнованиях различного уровня, от местного до международного.

В дополнение к умственной активности студенты часто увлечены физической активностью. В этом им помогают спортивные секции, клубы, университетские команды.

Популярным направлением внеклассной деятельности также является занятие музыкой. Как и прежде, выбор может быть огромен: от игры в небольшой группе, до выступлений с концертами, участие в оркестрах, хорах и т.п. Стоит отметить, что студенты отдают предпочтение не только музыке, но и другим видам искусства: рисованию, скульптуре, театральному искусству, поэзии и многому другому.

Изучение культур и языков продолжает список активностей. Увлечения студентов могут лежать и в плоскости социальных и политических интересов. В таком случае их внимание могут привлечь студенческие правительства, политические сообщества вуза, общественно-ориентированные организации.

Наконец, список замыкают волонтерские кружки и организации различной направленности.

Организация стартап-студий

Важным видом взаимодействия является организация студенческих стартап-студий. Мировые вузы активно участвуют в создании стартапов студентов. Помощь университета может быть различна, но наиболее распространенной практикой является создание подразделения, которое курирует группы студентов, решивших организовать свой бизнес. Через это подразделение студенты получают различные виды поддержки, начиная от юридических консультаций (включая лицензирование и оформление прав на интеллекту-

альную собственность), помощи в построении бизнес-планов, маркетингового продвижения, заканчивая привлечением финансирования, поиском специалистов в области стартапа и предоставлением помещений и оборудования для исследований [113].

Хоть варианты поддержки и широки, в ряде случаев ее уровень может быть не таким высоким, по сравнению с тем, что предлагают бизнес-инкубаторы вне университетов [114].

Тем не менее, организация стартапа с помощью вуза выглядит привлекательной для первых попыток организации бизнеса с точки зрения получения первого практического опыта с минимальными рисками и возможными убытками. Сочетание этого фактора с наличием хорошей инфраструктуры у вуза, а также разнообразия ресурсов превращает в наши дни вузы в центры создания стартапов [115–116].

Содействие трудоустройству студентов

В мировой практике роль университета в трудоустройстве будущих выпускников также значима. Существует несколько способов того, как университет может помочь студенту с будущим трудоустройством, и они достаточно стандартны. Организация центра/отдела вакансий является одним из таких примеров. С его помощью, студент получает обзор доступных позиций по своей специальности с возможностью выбора наиболее подходящих для него условий. Другим вариантом является проведение на площадке университета дней ярмарок вакансий. Это отличный способ организовать массовую встречу готовящихся к выпуску студентов со значительным количеством работодателей. Живое общение способствует лучшей оценке студента работодателем и наоборот, а также позволяет студентам легче узнать об особенностях вакансии.

В постковидное время онлайн-формат продолжает набирать популярность во всех сферах жизни. Это относится и к формам организации ярмарок вакансий. Например, компания vFairs предлагает создание виртуальных площадок с ярмарками вакансий для вузов [117]. С ее помощью работодатели могут организовывать виртуальные аналоги павильонов на ярмарке, размещать видео- и фотоматериалы, презентации. Работодатели при этом получают возможность формирования через платформу базы данных соискателей для будущего отбора лучших кандидатов. Виртуальная плат-

форма выглядит современным и интересным решением, поскольку устраняет временные и пространственные ограничения на проведение мероприятия и позволяет студентам и работодателям организовывать встречи в любое удобное время. Аналогичный сервис предлагает также компания Hexafair [118].

Альтернативной формой организации ярмарки вакансий является так называемая “перевернутая” ярмарка вакансий. Ее особенностью является то, что у стендов и павильонов выступают студенты, демонстрирующие свои таланты и навыки, а представители работодателей являются посетителями [119-120].

Считается, что помимо ярмарок вакансий любое мероприятие с участием работодателей потенциально может помочь студентам в поиске будущей работы. Неформальные беседы в кулуарах и обмен контактами – еще один способ для студентов установить связь с работодателем и повысить свой шанс на получение выгодного рабочего контракта. Спектр таких мероприятий может быть достаточно широким: карьерные конференции, выставки, форумы, консультации, летний лагерь вакансий. Все или часть из этих мероприятий можно увидеть, например, в университете Чикаго [121], университете Эдинбурга [122].

Практики и стажировки студентов также являются хорошим способом в построении карьеры в мировой практике высшего образования [123].

2.7.3. Практики ПИШ

Внеучебное взаимодействие со студентами ПИШ включает в себя широкий перечень мероприятий, инструментов и методик, нацеленных на совершенствование и развитие студентов, повышение их информированности, мотивации и заинтересованности в профессии и деятельности.

В ПИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Университет Иннополис) были разработаны методики развития мотивации к самообразованию – внеучебная деятельность. Элементами методики являются: проведение индивидуальных психологических консультаций; проведение мероприятий, направленных на выявление достижений студентов и поощрение их за это, а именно,

объявление конкурса повышенной стипендии, организация мероприятий по оценке достижений студентов, выявление отличившихся студентов и награждение их почетными дипломами и призами; развитие системы адаптации и наставничества; проведение образовательной адаптационной смены для первокурсников, с целью ознакомиться со студенческой жизнью и др. Подробное описание практики представлено в приложении 75.

Также в ПИИШ «Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Университет Иннополис) разработали методики развития мотивации к инженерному творчеству у студентов. Университет ежегодно проводит хакатоны для студентов 3–4 курса бакалавриата, которые дают возможность для людей с разными навыками и опытом объединиться в команды и совместно работать над решением поставленной задачи. В 2023 году совместно с компанией VK, которая является индустриальным партнером ПИИШ, был проведен открытый хакатон для решения индустриальных задач по направлению разработки, информационной безопасности и искусственного интеллекта. Подробное описание практики представлено в приложении 76.

Важным компонентом образовательной модели ПИИШ «Инженерия киберплатформ» (Южный федеральный университет), отличающим программы ПИИШ, является внеучебная активность обучающихся, которая для студентов ПИИШ обязательна и включает в себя прохождение ДПО и ДПП, необходимых для реализации проекта. Программы дополнительного образования позволяют студентам приобретать новый профиль компетенций или расширять знания по имеющимся, закреплять полученные навыки на оборудовании высокотехнологических предприятий в рамках внеучебных стажировок.

В ПИИШ «Космическая связь, радиолокация и навигация» (Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского) разрабатывается эффективная система самообследования (контроля) качества образовательного процесса. По мнению представителей ПИИШ, наиболее важным элементом создаваемой системы самообследования будет организация эффективной обратной связи от руководящего состава индустриальных партнеров, высококвалифицированных специалистов

индустриальных партнеров, студентов и выпускников (в будущем). Обратную связь от высококвалифицированных специалистов индустриальных партнеров планируется получать путем сбора отзывов о результатах прохождения практик студентов и отзывов специалистов, участвующих в работе ГЭК.

Для студентов ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (Донской государственной технической университет) доступны специальные курсы ДПО, которые были специально разработаны специалистами школы. Уникальность программ заключается в направленности на производственно-технологический, организационно-управленческий, проектно-конструкторский виды деятельности, что позволяет охватывать все аспекты решения задач в проектировании и производстве сельскохозяйственных наземных транспортных машин. Подробное описание практики представлено в приложении 77.

ПИШ «Интегрированные технологии в создании аэрокосмической техники» (Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королева) реализует комплексный подход к организации внеучебного взаимодействия со студентами, включая технологии виртуальной и дополненной реальности; форсайт методов; массовых открытых онлайн-курсов (МООК); адаптивного образования; индивидуальных образовательных траекторий.

Концепция электронного портфолио студентов реализована в ПИШ «Интегрированные технологии в создании аэрокосмической техники» (Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королева). В рамках сквозной компетентностной модели (от набора до трудоустройства) ведется модернизация личного кабинета обучающегося, позволяющего распространить его цифровой след, в том числе и на трудовую деятельность. Непрерывно пополняющееся электронное портфолио обучающегося позволит работодателю иметь самую актуальную информацию. Функционал кабинета позволит отслеживать географию трудоустройства выпускников и их карьерный рост.

Одним из подходов повышения качества инженерного образования является воздействие на «атмосферу» и окружение студентов. Создание инженерной экосистемы в ПИШ может способствовать самообразованию и развитию творчества у студентов. Пример

подобный практики был реализован в ПИИШ «Передовая инженерная школа гибридных технологий в станкостроении Союзного государства» (Псковский государственный университет), где была разработана и реализуется своя модель экосистемы инженерного образования, включающая «Научно-производственный цех», «Учебный цех», «АртЗавод», «Цифровая экосистема» и предприятие, которое создано на основе продукта, разработанного ПИИШ (перспектива). Подробное описание практики представлено в приложении 78.

Организация стартап-студий

Создание стартап-студий и фондов не является уникальной или свежей практикой и реализуется значительным количеством высших учебных заведений РФ. Тем не менее, грантовая поддержка стартап-проектов студентов ПИИШ может быть рассмотрена как метод рекламы выпускников ПИИШ для своих промышленных партнеров и стимулировать молодежное предпринимательство и предпринимательский взгляд у студентов ПИИШ, что является одной из желаемых компетенций у новых сотрудников многих промышленных партнёров.

В ПИИШ «Когнитивная инженерия» (Новосибирский национальный исследовательский государственный университет) запущена и функционирует стартап-студии, которые позволяют отобрать наиболее интересные идеи студентов и довести их до коммерциализируемого результата. В конкурсной оценке заявок принимают участие представители промышленных партнеров, что также выделяет классические стартап-фонды в ВУЗах РФ.

Развитие предпринимательского взгляда у студентов ПИИШ «Интеллектуальные системы тераностики» (Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова) осуществляется через формирование понимания процесса создания новых технологий, включая уровни технологической (TRL), производственной (MRL) и рыночной (CRL) готовности, а также влияние на общество. С этой целью обучающимся обеспечивается полноценный доступ в клиники, возможность в качестве стажеров участвовать во всех процессах, связанных с эксплуатацией медоборудования. Формируются образовательные пространства нового типа –

клинические коворкинги. Подробные описания практик представлены в приложении 79.

В ПИШ «Передовая инженерная школа Университета ИТМО» (Национальный исследовательский университет ИТМО) хорошо зарекомендовала себя практика проведения конкурсов стипендиальной поддержки и поддержки продуктовых команд, направленных на создание MVP. Для обучающихся первого курса магистратуры ПИШ – это стипендиальная поддержка индивидуальных проектов с трехмесячным циклом верификации экспертами: идея, proof of concept, прототип (pre-MVP), выход на командную поддержку через конкурс MVP (на втором курсе магистратуры). Конкурс MVP проводится в формате грантовой поддержки продуктовых команд. Подробные описания практик представлены в приложении 80.

Содействие трудоустройству студентов

Образовательный трек обучающихся студентов ПИШ «Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (Донской государственный технический университет) предполагает возможность трудоустройства в ГК «Ростсельмаш», начиная с 3-го курса бакалавриата по схеме: 3 курс бакалавриата – 0.5 ставки на позицию техник-конструктор, 1 курс магистратуры – 0.5 ставки на позицию инженер-конструктор 3-й категории, 2 курс магистратуры – 0.5 ставки на позицию инженер-конструктор 2-й категории. После получения диплома магистратуры ПИШ трудоустройство 1.0 ставки на позицию инженер-конструктор 2-й категории. Подробное описание практики представлено в приложении 81.

В ПИШ «Моторы будущего» (Уфимский университет науки и технологий) функционируют студенческие конструкторские бюро (СКБ). Данные бюро представляют собой «пояс» формирования производственных компетенций и предлагает трудоустройство студентам. Отбор студентов проводится на конкурсной основе. Студенты, работающие в СКБ, получают реальный опыт работы инженера высокотехнологичной компании, оставаясь внутри университета, в процессе обучения в ПИШ за счет трудоустройства в СКБ (от 3-го курса и старше), видят внедрение результатов своей интеллектуальной работы в производство. Подробное описание практики представлено в приложении 82.

В передовой инженерной школе медицинской инженерии (РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России) реализуется практика мотивации студентов к образованию через вовлечение в практическую деятельность, направленную на субъект образования. Практика ставит своей целью пробуждение интереса к образованию путем вовлечения в исследование собственного генома. В рамках курса студенты вовлечены в анализ носительства аллелей моногенных заболеваний, которые могут проявиться у их будущих детей в случае появления партнера носителя комплементарных мутантных аллелей. За счет заинтересованности субъекта в здоровье своих будущих детей происходит усвоение материала в рамках нескольких дисциплин: Медицинская генетика, Биоинформатика, Статистика, Молекулярная Биология. Подробное описание практики представлено в приложении 83.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного литературного обзора, сбора и анализа данных о деятельности и передовых практиках ПИШ через организацию личных визитов передовых инженерных школ представителями методического центра ПИШ был составлен Каталог кандидатов в лучшие практики ПИШ. Представленные в данном документе практики являются уникальными или выделяющимися технологиями, которые были разработаны ПИШ и применяются для выполнения задач федерального проекта «Передовые инженерные школы».

В каталоге упомянуты 117 кандидатов в лучшие практики и подробно описаны 80 наиболее результативных практик. Наибольшее число кандидатов в лучшие практики относится к разделам «Организация приема и работа со школьниками и будущими абитуриентами», «Практики организации образовательного процесса» и «Взаимодействие с индустриальными партнерами и привлечение финансирования». Данные разделы затрагивают наиболее важные элементы организации работы ПИШ и являются основой для формирования образовательного процесса студентов нового типа, способных работать над фронтальными задачами промышленности.

В результате анализа отобранных кандидатов в лучшие практики было отмечено, что практики передовых инженерных школ от-

вечают наиболее современным тенденциям инженерного образования, которые были выявлены на этапе проведения литературного обзора. Кроме того, был отмечен ряд практик, отличающихся значительным развитием известных методов, применяемых в инженерном образовании во всём мире. Освещение и тиражирование отобранных практик среды инженерных высших учебных заведений позволит значительно усилить уровень подготовки выпускников и обеспечить высокий уровень квалификации будущих сотрудников инженерных предприятий.

По итогам описания практик была проведена приоритизация кандидатов лучших практик по критериям, описанным ранее в документе. В табл. 2 представлен ТОП-10 практик, отобранных как наиболее эффективные методы формирования образовательного процесса Передовых Инженерных Школ.

Документ является частью методических рекомендаций методического центра «Передовые инженерные школы» Национального Исследовательского Ядерного Университета «МИФИ» (МЦ ПИШ НИЯУ МИФИ) и составлен для передачи Передовым Инженерным Школам (ПИШ) для облегчения процесса обмена опытом в области передовых практик инженерного образования и взаимодействия с индустриальными партнерами между ПИШ.

Таблица 2
Топ-10 Кандидатов лучших практик ПИПШ по итогам приоритизации кандидатов в лучшие практики ПИПШ

№	Практика	ПИПШ (Базовый университет)	Рейтинг Базового университета ПИПШ в соответствии с РАЕХ-100, 2023 г. (от 0 до 5)	Качество описания (от 0 до 5)	Наличие количественных метрик (от 0 до 5 баллов)	Наличие описания по затратам (от 0 до 5 баллов)	Категория кандидата в лучшие практики (от 0 до 3 баллов)	Суммарный: вовлеченность ИП (от 0 до 2 баллов), формирование новых передовых компетенций (от 0 до 1 балла), источник внебюджетного финансирования (от 0 до 1 балла)	Итоговый Балл
1	Инженерный практикум	«Передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии» (МФПИ)	4,65	5	5	5	2	3	24,65
2	Интерактивный комплекс опережающей подготовки инженерных кадров на основе современных цифровых технологий «Цифровые аддитивные технологии»	«Интегрированные технологии в создании аэрокосмической техники» (Самарский университет)	2,6	4	5	5	3	4	23,6
3	Партнерское взаимодействие ПИПШ «Промхимтех» с центрами поддержки одаренных школьников	«Промхимтех» (КНИТУ)	2,28	5	4	4	3	3	21,28

Окончание табл. 2

4	Маркетинг ПИШ	«Цифровой инжиниринг» (СПбПУ ПВ)	4,2	5	4	4	5	1	2	21,2
5	Образовательная модель ПИШ ЮФУ	«Инженерия киберплатформ» (ЮФУ)	3,13	5	4	4	4	2	3	21,13
6	Школы РІ и РЕ	«Передовая инженерная школа Университета ИТМО»	4,04	5	4	4	4	2	2	21,04
7	Подготовка студентов в комплексе с разработкой технологии и оборудования для предприятия – партнёра с дальнейшим внедрением технологии и оборудования на предприятии	«Судостроение Индустрии 4.0» (СПбГМТУ)	2,04	5	3	3	3	3	4	20,04
8	Интерактивный комплекс опережающей подготовки «Интеллектуальные цифровые системы реального времени и SCADA-технологии»	«Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии» (НГТУ им. Алексеева)	2	4	4	4	4	3	3	20
9	Производственные инженерные кейсы для индустриальных студенческих проектов	«Новое поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения» (Иннополис)	2	5	1	5	3	3	4	20
10	Студенческие конструкторские бюро	«Моторы будущего» (УУНИТ)	2	4	4	3	3	3	4	20

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2022 г. № 619 «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ». – Текст: электронный // сайт федерального проекта «Передовые инженерные школы». – URL: https://engineers2030.ru/upload/medialibrary/085/уққпқbv54wn89kt5127ndedy69хdp1pq/pr_110422_619.pdf (дата обращения: 13.06.2023);
2. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 608 от 30 июня 2022 г. «Об утверждении распределения грантов в форме субсидий из федерального бюджета на поддержку программ развития передовых инженерных школ...». – Текст: электронный // сайт федерального проекта «Передовые инженерные школы». – URL: <https://engineers2030.ru/upload/iblock/8b2/tervmg7rgxlizbtjdj8q3fvv55wdanbkw/Prikaz-608-ot-30.06.2022.pdf> (дата обращения: 13.06.2023);
3. Инженерный класс в московской школе: официальный сайт. – ГАУ «Центр цифровизации образования». – URL: <https://profil.mos.ru/inj.html> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;
4. МОУ "Инженерная школа города Комсомольска-на-Амуре": Инженерный класс авиастроительного профиля. – URL: <https://инженерная-школа-дв.рф/novosti/?post=inzhenernyj-klass-aviastroitelnogo-profilya> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;
5. Проект «Школа Росатома»: АТОМ-КЛАССЫ. – Проект «Школа Росатома». – URL: <https://rosatomschool.ru/atom-klassy/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;
6. Ассоциация высших учебных заведений «Консорциум опорных вузов Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»: сайт. – НИЯУ МИФИ. – URL: <https://uniatom.mephi.ru/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;
7. Проект «Газпром-классы»: сайт. – Газпром. – URL: <https://gazprom-classes.etu.ru/main> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;
8. Роснефть-класс СУНЦ МГУ: сайт. – Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. – URL: <https://internat.msu.ru/biology/rn-klass/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;
9. Роснефть-классы: сайт. – Дальневосточный федеральный университет. – URL: https://www.dvfu.ru/island_of_talents/rosneft-classes/ (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;
10. Новостной портал ИРНИТУ: «ИРНИТУ и Роснефть будут совместно проводить профильные занятия в Роснефть-классах в 2023/2024 уч.г.».

– «Иркутский национальный исследовательский технический университет». – URL: <https://www.istu.edu/school/profil/rosneftklass> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

11. Новостной портал ПАО «КАМАЗ»: «КАМАЗ» на «посвящении в учащиеся «инженерного класса». – ПАО «КАМАЗ». – URL: https://kamaz.ru/press/news/kamaz_na_posvyashchenii_v_uchashchiesya_inzhenernogo_klassa_1/ (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

12. Инженерная школа НИТУ МИСИС: сайт. – Университет науки и технологий МИСИС. – URL: <https://misis.ru/applicants/school-leavers/pre-university-training/homestudy-school/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

13. Инженерный класс в московской школе: Летние инженерные каникулы от вузов-партнёров проекта «Инженерный класс в московской школе». – ГАУ «Центр цифровизации образования». – URL: <https://profil.mos.ru/inj/novosti/5835-letnie-inzhenernye-kanikuly-ot-vuzov-partnjorov-proekta-inzhenernyj-klass-v-moskovskoj-shkole-2.html> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

14. Время проектов: школьников приглашают на каникулы в «кванториумы». – АНО «Национальные приоритеты». – URL: <https://национальныепроекты.рф/news/vremya-proektov-shkolnikov-priglasayut-na-kanikuly-v-kvantoriumu> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

15. Познавательное лето: инженерные каникулы стартовали в «кванториумах» страны. – АНО «Национальные приоритеты». – URL: <https://национальныепроекты.рф/news/poznavatelnoe-letno-inzhenernye-kanikuly-startovali-v-kvantoriumakh-strany> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

16. Инженерные каникулы. – Федеральная сеть детских технопарков «Кванториум». – URL: https://www.kvantorium-don.ru/engineering_vacation (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

17. Всероссийская инженерная смена «Школа молодого энергетика». – ИВЦ МЭИ. – URL: https://mpei.ru/news/Lists/developments/event_item.aspx?ID=1180 (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

18. Детские лагеря для школьников инжинириум МГТУ им. Н.Э. Баумана. – «Инжинириум МГТУ им. Н.Э. Баумана». – URL: <https://inginirium.ru/camps/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

19. Детские IT-каникулы в Казани. – Олимпиадный центр Республики Татарстан, база "Дуслык". – URL: <https://innopoliscamp.ru/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

20. ITMO. NEWS: Стартуй в ИТМО: как проходят летние курсы для школьников в первом неклассическом университете. Часть 2. – itmo.news.

– URL: <https://news.itmo.ru/ru/education/trend/news/10520/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

21. «Сириус» Образовательный центр: Направление «НАУКА». – «Сириус» Образовательный центр. – URL: <https://sochisirius.ru/obuchenie/nauka> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

22. Инженерная школа московского политеха Время быть инженером. – «Московский политехнический университет». – URL: <https://mospolytech.ru/dovuzovskoe-obrazovanie/injenernaya-shkola/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

23. О проекте "Уральская инженерная школа": указ губернатора Свердловской области от 06 октября 2014 года. – Консорциум кодекс. Электронный фонд правовых и нормативных документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/422448790> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

24. НИЯУ МИФИ. Портал Олимпиад. Инженерная олимпиада школьников: об олимпиаде – Москва. – URL: <https://olymp.mephi.ru/engineering/about> (дата обращения: 14.06.2023). – Текст: электронный;

25. Большие вызовы: Всероссийский конкурс научно-технологических проектов «Большие вызовы» — это масштабное мероприятие для старшеклассников и студентов, увлечённых научной или изобретательской деятельностью. – Московский городской конкурс проектов 2023. – URL: <https://mgk.olimpiada.ru/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

26. Дырин С.П. Методика отбора абитуриентов управленческих специальностей на основе измерения профессиональных задатков / С. П. Дырин // Ярославский педагогический вестник. – 2005. – № 3. – С. 61-65;

27. Государственная дума федерального собрания Российской Федерации: что нужно знать о правилах приема в вузы в 2023 году. – Государственная дума федерального собрания Российской Федерации. – URL: <http://duma.gov.ru/news/57244/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

28. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 04.08.2023) "Об образовании в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023);

29. Pearson G. Characteristics of Pre-college Engineering Education in the United States / G. Pearson // Pre-university Engineering Education. Series: International Technology Education Studies. – 2016. – Том 16. – С. 65-79;

30. Najihah M. Problem-Based Learning (PBL) in Schools: A meta-analysis/ M. Najihah, I. Zaleha // Conference paper of 12th International Conference of The Mathematics Education into the 21st Century Project The Future of Mathematics Education in a Connected World. – 2014. – Hunguest Hotel Sun Resort, Herceg Novi, Montenegro;

31. Looking at STEM education in different countries. In book: Teaching STEM in the Secondary School: Helping Teachers Meet The Challenge. 2020, Publisher: Routledge;

32. Lampley, S.A.; Dyess, S.R.; Benfield, M.P.J.; Davis, A.M.; Gholston, S.E.; Dillihunt, M.L.; Turner, M.W. Understanding the Conceptions of Engineering in Early Elementary Students. *Educ. Sci.* –2022. –Т. 12, № 43. <https://doi.org/10.3390/educsci12010043>;

33. University of Colorado Boulder: First-Year Student Selection Process. – University of Colorado. – URL: <https://www.colorado.edu/admissions/first-year/selection/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

34. Northeastern University: Admission Policy and Entrance Requirements. – Northeastern University. – URL: <https://catalog.northeastern.edu/undergraduate/admission/admission-policy-entrance-requirements/#text/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

35. The University of Manchester: student recruitment, selection and admissions policy. – The University of Manchester. – URL: <https://documents.manchester.ac.uk/display.aspx?DocID=6523/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

36. Harvard College: First-Year Applicants. – Harvard College. – URL: <https://college.harvard.edu/admissions/apply/first-year-applicants> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

37. How Colleges Choose Which Students to Admit / Cole Claybourn // U.S. News & World Report L.P. –Aug. 16, 2022, at 2:03 p.m.;

38. Сазонов Б.А. Организация образовательного процесса: возможности индивидуализации обучения // Высшее образование в России. 2020. Т.29, №6 с.35-50 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-obrazovatel'nogo-protssesa-vozmozhnosti-individualizatsii-obucheniya/viewer> (дата обращения: 07.11.2023);

39. Федулов Ю. П. Ф32 Организация учебной деятельности в вузе и методика преподавания в высшей школе: учеб. пособие / Ю.П.Федулов. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 155 с. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41615020_77685067.pdf (дата обращения: 07.11.2023);

40. Григорьева И.В. WORD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS Сборник статей XLIII Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Том Часть 1. / –Пенза, 2020. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42906342_88363778.pdf (дата обращения: 07.11.2023);

41. ТАСС: Д. Мельник, 2+2+2 = современная высшая школа? Что такое отложенный выбор студентов. 18.02.2020. – ТАСС. – URL: <https://tass.ru/opinions/7763823> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

42. Britannica: higher education. – Britannica. – URL: <https://www.britannica.com/topic/higher-education> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

43. Vertically Integrated Projects (VIP) Program at Purdue University: A Research Experience for Undergraduate Students / Carla B. Zoltowski; Edward J. Delp // Conference Record - Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, – 2021, October. – pp. 1141 – 1145. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9723360/references#references> (дата обращения: 07.11.2023). – URL: <https://engineering.purdue.edu/VIP> (дата обращения: 07.11.2023);

44. A.K. Bachhawat An inquiry-based approach in large undergraduate labs: Learning, by doing it the “wrong” way. / Bachhawat A.K., Pandit S.B., Banerjee I. [и др.] // Biochem Mol Biol Educ. –2020. – № 48. – с. 227–235. – URL: <https://doi.org/10.1002/bmb.21331> (дата обращения: 07.11.2023);

45. P.A. Craig Something old, something new: Teaching the BMB lab. / Craig P.A. // Biochem Mol Biol Educ. – 2020. – № 48. – с. 640–642. – URL: <https://doi.org/10.1002/bmb.21359> (дата обращения: 07.11.2023);

46. The hybrid Project-Based Learning–Flipped Classroom: A design project module redesigned to foster learning and engagement / Chua K, Islam M. // International Journal of Mechanical Engineering Education. – 2021. – № 49(4). – pp. 289-315. – doi:10.1177/0306419019838335;

47. Система организации научно-исследовательской работы студентов в образовательном процессе высшей школы / Зарединова Э.Р., Литвинов Г.А. // Современное педагогическое образование. – 2020. –№1. –с. 18-23;

48. Exploring student satisfaction in experiential learning at the University of Ottawa / E. O'Connor, J. Cianciotta, D. Crête // New Directions for Teaching and Learning. – Volume 2021, – Issue 167: – Student Engagement: Perspectives within a Canadian University, – Sep 2021. –pp. 1-88. – doi: 10.1002/tl.20456;

49. Undergraduate Research in German Higher Education: Tradition, Policy, and Innovation / Hensel, N.H., Blessinger, P. (eds) // International Perspectives on Undergraduate Research. – Palgrave Macmillan, Cham. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-53559-9_12 (дата обращения: 07.11.2023);

50. National Association of Colleges and Employers: best practices for internship programs. – National Association of Colleges and Employers. – URL: <https://www.nacweb.org/talent-acquisition/internships/15-best-practices-for-internship-programs/> (дата обращения: 14.06.2023). – Текст: электронный;

51. Finances online: 111 Internship Statistics for 2023: Pay, Benefits & Trends. – Finances online. – URL: <https://financesonline.com/internship-statistics/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

52. Reworked: What's Next for Internships?. – Reworked. – URL: <https://www.reworked.co/talent-management/whats-next-for-internships/> (дата обращения: 14.06.2023). – Текст: электронный;

53. Shortlister: 70+ Internship Statistics in 2023: Data, Case Studies & Trends. – Shortlister. – URL: <https://www.myshortlister.com/insights/internship-statistics> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

54. Diego Vergara, Educational trends post COVID-19 in engineering: Virtual laboratories / Diego Vergara, Pablo Fernández-Arias, Jamil Extremera, Lilian P. Dávila, Manuel P. Rubio // *Materials Today: Proceeding*. – № 49, 2022. – pp. 155-160. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321054006#b0055> (дата обращения: 07.11.2023);

55. Aduranga V. Oje, Virtual reality assisted engineering education: A multimedia learning perspective, / Aduranga V. Oje, Nathaniel J. Hunsu, Dominik May // *Computers & Education: X Reality*. – Volume 3, December 2023. – Art. 100033;

56. Dario Antonelli, A Virtual Reality Laboratory for Blended Learning Education: Design, Implementation and Evaluation / Dario Antonelli, Athanasios Christopoulos, Mikko-Jussi Laakso, Valentina Dagiene // *Education Sciences*. – May 2023. – № 13(5). – pp. 528;

57. Shu-Guang Ouyang, A Unity3D-based interactive three-dimensional virtual practice platform for chemical engineering / Shu-Guang Ouyang, Gang Wang, Jun-Yan Yao, [и др.] // *Comput Appl Eng Educ*. – 2017. – pp.1–10. URL: <https://doi.org/10.1002/cae.21863> (дата обращения: 07.11.2023);

58. Remote Lab meets Virtual Reality – Enabling immersive access to high tech laboratories from afar / Pascalis Trentsios, Mario Wolf, Sulamith Frerich // *Procedia Manufacturing*. – Volume 43. – 2020. – pp. 25-31. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920306818> (дата обращения: 07.11.2023);

59. Online training and education from the VR-1 reactor—Lessons learned / Ondrej Novak, et al. // *Nuclear Engineering and Technology*. – 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.net.2023.08.020> (дата обращения: 07.11.2023);

60. FLUID-LABVIR, an immersive online platform as complement to enhance the student's learning experience in experimental laboratories of Fluid Mechanics and Fluid Engineering / Ana Cruz del Álamo, et al. // *Education for Chemical Engineers*. – Volume 41. – October 2022. – Pages 1-13. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1749772822000197> (дата обращения: 07.11.2023);

61. Learning experiences from digital laboratory safety training / Panu Viitaharju, Kirsi Yliniemi, Minna Nieminen, Antti J. Karttunen // *Education for Chemical Engineers*. – Volume 34. – 2021. – Pages 87-93. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.11.009> (дата обращения: 07.11.2023);

62. A practical development of engineering simulation-assisted educational AR environments / Serkan Solmaz, et al. // *Education for Chemical Engineers*. – Volume 35. – 2021. – Pages 81–93. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.007> (дата обращения: 07.11.2023);

63. Open-source remote laboratory experiments for controls engineering education. / Reid D, Burrige J, Lowe D, Drysdale T. // *International Journal of Mechanical Engineering Education*. – 2022. – № 50(4). – pp. 828-848. – doi:10.1177/03064190221081451;

64. LabsLand: remote laboratory access marketplace.. – LabsLand. – URL: <https://financesonline.com/internship-statistics/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

65. Design of serious games in engineering education: An application to the configuration and analysis of manufacturing systems. / M. Urgo, W. Terkaj, M. Mondellini, G. Colombo, // *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. – Volume 36. – January 2022. – Pages 172-184. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755581721001905#bib29> (дата обращения: 07.11.2023);

66. BIBA Gaming Lab: Cosiga. – BIBA Gaming Lab. – URL: <https://www.biba-gaminglab.com/en/our-games/cosiga/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

67. Design, implementation, and evaluation of a game-based application for aiding chemical engineering and chemistry students to review the organic reactions / José Nunes da Silva Júnior et al. // *Education for Chemical Engineers*. – Volume 34. – 2021. – Pages 106–114. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.11.007> (дата обращения: 07.11.2023);

68. Game-based application for helping students review chemical nomenclature in a fun way / M.A. Sousa Lima et al. // *J. Chem. Educ.*, – № 96 (4). – 2019. – pp. 801-805;

69. A hybrid board game to engage students in reviewing organic acids and bases concepts / J.N. da Silva Júnior, et al. // *J. Chem. Educ.* – № 97 (10). – 2020. – pp. 3720-3726;

70. Time bomb game: design, implementation, and evaluation of a fun and challenging game reviewing the structural theory of organic compounds / J.N. da Silva Júnior, et al. // *J. Chem. Educ.* – № 97 (2). – 2020. – pp. 565-570;

71. Interactions 500: design, implementation, and evaluation of a hybrid board game for aiding students in the review of intermolecular forces during the covid-19 pandemic / J.N. da Silva Júnior, et al. // *J. Chem. Educ.* – 2020;

72. Reactions: an innovative and fun hybrid game to engage the students reviewing organic reactions in the classroom / J.N. da Silva Júnior, et al. // *J. Chem. Educ.* – № 97 (3). – 2020. – pp. 749-753;

73. Way Back Machine (13 may 2019): Circuit Warz - Only the very best engineers need to apply. – Way Back Machine (13 may 2019): Circuit Warz. –

URL:<https://web.archive.org/web/20190311133133/http://www.circuitwarz.com/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

74. Way Back Machine (28 august 2019): Racing Academy. – Way Back Machine (28 august 2019): Racing Academy. – URL: <https://web.archive.org/web/20190311133133/http://www.circuitwarz.com/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

75. A multi-user virtual laboratory environment for gear train design / El-Sayed S. Aziz, Yizhe Chang, Sven K. Esche, Constantin Chassapi // *Computer Applications in Engineering Education*. – Volume 22. – Issue 4. – Dec 2014. – Pages 571-802;

76. Serious games for learning prevention through design concepts: An experimental study, / Zia Ud Din, G. Edward Gibson // *Safety Science*. – Volume 115. – 2019. – Pages 176-187. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.005> (дата обращения: 07.11.2023);

77. Living labs as an opportunity for experiential learning in building engineering education / William O'Brien [и др.] // *Advanced Engineering Informatics*. – 2021, October. – V. 50. – art. 101440. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101440>;

78. TASEC-Lab: A COTS-based CubeSat-like university experiment for characterizing the convective heat transfer in stratospheric balloon missions / David González-Bárcena et al. // *Acta Astronautica*. – Volume 196. – 2022, July. – Pages 244-258;

79. STAR laboratory at Politecnico di Torino: a facility to develop educational space projects. / Fabrizio Stesina, Sabrina Corpino // *IFAC-PapersOnLine*. – Volume 54, Issue 12. – 2021. – Pages 80-87;

80. Development of a Modern, Low Cost, Lab Scale Industry 4.0 Plant for Education, / Jayabadrinath Krushnan, Frank Schrödel // *IFAC-PapersOnLine*. – Volume 55, Issue 17. – 2022, Pages 156-161;

81. НОЦ УРАЛ: новая магистратура УрФУ «Управление научно-технологическими проектами». – НОЦ УРАЛ. – URL: <https://xn--1nacdrs.xn--p1ai/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

82. НИУ «БелГУ»: НОЦ «Инновационные решения в АПК». – НИУ «БелГУ». – URL: <https://bsuedu.ru/bsu/science/нос-апк/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

83. Новостной портал Казанского (Приволжского) Федерального Университета. – КФУ. – URL: <https://ncmu.kpfu.ru/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

84. БИЗНЕС Online: «Западные вузы качают миллионы долларов из стартапов и меценатов, российские все еще смотрят в бюджет». – БИЗНЕС Online. – URL: <https://www.business-gazeta.ru/blog/605594> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

85. Юревич М. А. Факторы роста доходов от исследовательской деятельности в вузах Российской Федерации // *Journal of Applied Economic Research*. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 795–817. – DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.4.028. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49892259_46581399.pdf

86. Климанов В. В., Казакова С. М. Эндаументы в России: состояние и перспективы. Аналитический доклад / АНО «Институт реформирования общественных финансов». – М.: Благотворительный фонд Владимира Потанина. – 2022. – 31 с.;

87. Ведомости. Наука: Филантропы приходят в вузы. Олеся Ошанина. – *Ведомости. Наука*. – URL: https://www.vedomosti.ru/science/private_initiative/articles/2023/07/19/986016-filantropi-prihodyat-v-vuzi (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

88. Матвеев Е.В. Управление формированием капитала эндаумент-фондов в РФ: подходы и методы // *Пермский финансовый журнал*. – 2020. – № 2(23). – С. 28-45;

89. Universities–industry collaboration: A systematic review / Samuel Ankras, Omar AL-Tabbaa, // *Scandinavian Journal of Management*. – Volume 31, Issue 3. – September 2015. – Pages 387-408;

90. University–industry collaboration: A closer look for research leaders. Elsevier. – 2021. – URL: <https://assets.ctfassets.net/o78emly1w4i4/6Anhr3L7TyuJmVewSVKLY/0f33f3a0a46d46d4f5ccf6e55f627e13/university-industry-collaboration.pdf> (дата обращения: 07.11.2023);

91. Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed / O’Dwyer, M., Filieri, R. & O’Malley, L. // *J Technol Transf*. – № 48. – 2023. – pp. 900–931. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-022-09932-2>;

92. Why Companies and Universities Should Forge Long-Term Collaborations / Kenneth R. Lutchen // *Harvard Business Review*. – January 24, 2018. – URL: <https://hbr.org/2018/01/why-companies-and-universities-should-forge-long-term-collaborations> (дата обращения: 07.11.2023);

93. Managing a Successful University-Industry Collaborative Funded Innovation Programme / Eduardo Bacelar Pinto, et al. // *Conference: XXVII ISPIM Innovation Conference*. – Porto 2016, At: Porto, Portugal;

94. Stakeholder Management in University-Industry Collaboration Programs: A Case Study. / Fernandes, G., Capitão, M., Tereso, A., Oliveira, J., Pinto, E.B. In: Machado, J., Soares, F., Trojanowska, J., Ivanov, V. (eds) // *Innovations in Industrial Engineering*. – 2021. – *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-78170-5_13;

95. Critical Success Factors of University-Industry R&D Collaborations / Gabriela Fernandes, José M.R.C.A. Santos, Pedro Ribeiro, Luís Miguel D.F.

Ferreira, David O'Sullivan, Daniela Barroso, Eduardo B. Pinto // *Procedia Computer Science*. – Volume 219. – 2023. – Pages 1650-1659. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.458>;

96. A Role Model of Large-Scale University–industry Collaboration in Japan: The Case of Chugai Pharmaceutical and Osaka University / Kenichi KU-WASHIMA // *Annals of Business Administrative Science*. – 2020. – Volume 19, Issue 3. – Pages 81-96;

97. 2022 Impact report. Caltech Technology Transfer and Corporate Partnership;

98. College of engineering and applied science: UIDP projects. 10 Case Studies of High-Value, High-Return University-Industry Collaborations. – University of Cincinnati. – URL: <https://ceas.uc.edu/research/centers-labs/uc-simulation-center.html> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

99. International Food Safety Training Laboratory: UIDP projects. 10 Case Studies of High-Value, High-Return University-Industry Collaborations. – International Food Safety Training Laboratory. – URL: <https://www.ifstl.org/ifstl-network> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

100. Centre for Cities: Delivering change: Supporting links between universities and high-growth firms in cities. – Centre for Cities. – URL: <https://www.centreforcities.org/publication/delivering-change-supporting-links-between-universities-and-high-growth-firms-in-cities/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

101. Engine Shed: the enabler of exciting connections and collaborations. – Engine Shed. – URL: <https://engine-shed.co.uk/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

102. Funding Sources for Research and Education Projects, ICT and Science Researchers in Europe and USA. / Beshiri A., Krrabaj S. and Beshiri D. // *Open Access Library Journal*. – № 7, – 2022. – pp. 1-37. – doi: 10.4236/oalib.1106058;

103. Public Universities, in Search of Enhanced Funding. / Ritzen, J.M.M. In: AI-Youbi, A.O., Zahed, A.H.M., Atalar, A. (eds) // *International Experience in Developing the Financial Resources of Universities*. – Springer, Cham. – 2021. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-78893-3_5;

104. Alternative sources of funding in higher education institutions / Desirée Rosa Gómez Cardosa // *eLearning Innovation Center blog*. – Open University of Catalonia. – 2021;

105. Дополнительное образование и внеучебная деятельность для развития навыков. 5 том доклада «Глобальный ландшафт исследований и перспективных разработок в области укрепления человека». – Под научной редакцией И.А. Груздева. – М.: Эгитас, 2022. – с.75;

106. Внеучебная деятельность и студенческие объединения / Сизова И. Л., Ермилова А. В., Лукин Н. С. // Современное общество: вопросы теории, методологии, методы социальных исследований: Материалы XIII (заочной) Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора З.И. Файнбурга, 2014. – Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь. – Т. 1. – С. 173–180;

107. Внеучебная деятельность студентов в современном университете: интересы и ожидания (на примере студентов СПбПУ) / Обухова Ю.О., Танова А.Г. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Общество. Коммуникация. Образование. – 2016. – № 4. – С. 168–175;

108. Внеучебная деятельность как фактор академической успешности студентов: информационный бюллетень / И. А. Щеглова, О. В. Дремова // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2022. – 36 с.;

109. Undergraduate time-use: a comparison of US, Chinese, and Russian students at highly selective universities / Maloshonok N. // Higher Education Research & Development. – 2020. – Vol. 39, No. 3. – P. 515–53;

110. Давыдова, Т. Е. Трудоустройство студентов и выпускников вузов: мотивация субъектов системы и направления ее совершенствования / Т.Е. Давыдова, А. И. Попова, А. Е. Распопова // Экономика в инвестиционно-строительном комплексе и ЖКХ. – 2019. – № 1(16). – С. 117–122;

111. International Students in Higher Education: Extracurricular Activities and Social Interactions as Predictors of University Belonging. / Thies, T., Falk, S. // Res High Educ. – 2023. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s11162-023-09734-x>;

112. 195+ Best Extracurricular Activities to Try Out [in 2023] / Andrei Kurtuy // 2023 Novorésumé ApS. URL: <https://novoresume.com/career-blog/extracurricular-activities> (дата обращения: 07.11.2023);

113. How universities can help save the startup model / Steven W. McLaughlin // Georgia Tech. – 2020. – Venturebeat. – URL: <https://venturebeat.com/entrepreneur/how-universities-can-help-save-the-startup-model/> (дата обращения: 07.11.2023);

114. PUTTING THE UNI IN UNICORN The role of universities in supporting high-growth graduate startups, 2017, Centre for Entrepreneurs. – URL: <https://centreforentrepreneurs.org/wp-content/uploads/2017/08/CFE-University-Entrepreneurs-Report-WEB.pdf> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

115. Legacy Ventures Ltd: Are Universities the New Startup Hubs?. – Legacy Ventures Ltd. – URL: <https://legacy-ventures.com/2021/06/22/are-universities-the-new-startup-hubs/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

116.How to Fuel Your Student-Led Startup / Adam Uzialko // 2023, Business News Daily. – URL: <https://www.businessnewsdaily.com/10966-financing-student-startups.html> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

117.vFairs: Connect Students and Employers With a Virtual University Job Fair. – vFairs. – URL: <https://www.vfairs.com/event-management-platform/virtual-university-job-fair/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

118.Hexafair: Success Story – Ateneo. – Hexafair. – URL: <https://www.hexafair.com/success-story-ateneo-university-philliphines-its-career-fair-success-story-ateneo/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

119.Vocational Rehabilitation: Organizing a Reverse Career Fair The “How-To” Guide. – Vocational Rehabilitation. – URL: <https://ivrs.iowa.gov/sites/default/files/documents/2018/11/howtoguidereversejobfair.pdf> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

120.Youth Employment UK: How Reverse Job Fairs Can Help To Reduce The Disability Employment Gap For Young People BASE: British Association for Supported Employment. – Youth Employment UK. – URL: <https://www.youthemployment.org.uk/how-reverse-job-fairs-can-help-to-reduce-the-disability-employment-gap-for-young-people/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

121.GRAD Gargoyle: Career Events. – GRAD Gargoyle. – URL: <https://grad.uchicago.edu/career-development/career-events/> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

122.The University of Edinburgh: careers service. – The University of Edinburgh. – URL: <https://www.ed.ac.uk/careers/employers/raise-awareness/attendafair> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный;

123.The Good Universities Guide: 5 ways your uni can help you get job-ready. – The Good Universities Guide. – URL: <https://www.gooduniversitiesguide.com.au/education-blogs/career-guidance/5-ways-your-uni-can-help-you-get-job-ready> (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный.