

УДК 378.147.88

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В НАУЧНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Брюхова Елена Михайловна, аспирант кафедры «Экономика и менеджмент в промышленности», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Ежова Злата Владиславовна, магистр кафедры «Экономика и менеджмент в промышленности», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Аннотация

Статья посвящена особенностям цифровизации процесса проведения экспериментов в научных и образовательных организациях. Рассмотрена актуальность и постановка проблемы. Представлены особенности и структурные схемы современных решений (учебные виртуальные лаборатории, межотраслевые и отраслевые системы проведения эксперимента). В статье приведены конкретные примеры из российской практики. Показано, что именно отраслевые системы проведения экспериментов могут использоваться как для подготовки кадров, так и для совместной реализации исследовательских проектов, в которых задействованы сразу несколько организаций. Они являются гибким и приспособленным под конкретные задачи инструментом цифровизации процессов научно-исследовательской деятельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровая трансформация, образовательные организации, научные исследования, учебные виртуальные лаборатории, межотраслевые и отраслевые системы проведения эксперимента.

DIGITALIZATION OF THE PROCESS OF CONDUCTING EXPERIMENTS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

Bryukhova Elena Mikhailovna, post-graduate student of Department of Economics and Management in Industry, National Research Nuclear University "MEPhI"

Ezhova Zlata Vladislavovna, master of Department of Economics and Management in Industry, National Research Nuclear University "MEPhI"

Abstract

The article is devoted to the peculiarities of digitalization of the process of conducting experiments in scientific and educational organizations. The relevance and setting of the problem is considered. Features and structural diagrams of modern solutions are presented (educational virtual laboratories, cross-industry and industry experimental systems). The article provides specific examples from Russian practice. It is shown that it is the industry systems of conducting experiments that can be used both for training and for joint implementation of research projects in which several organizations are involved. They are a flexible and task-specific tool for digitalizing research processes.

KEYWORDS: digital transformation, educational organizations, scientific research, educational virtual laboratories, cross-industry and industry experimental systems.

Согласно статистическим данным, на начало 2021 года в России трудились свыше 348 тысяч исследователей. Россия является одним из мировых лидеров по масштабам занятости в науке, а также по количеству проводимых исследований [8]. Научно-исследовательская деятельность активно поддерживается государством: подтверждением является рост числа

проектов, посвящённых науке, из которых одними из наиболее значимых являются национальные проекты «Наука»¹ и «Цифровая экономика Российской Федерации».

Вместе с растущим масштабом научной деятельности возрастает и сложность вызовов, возникающих перед наукой [3, 8, 9, 10]. В частности, не всегда научно-исследовательские организации обладают требуемыми вычислительными ресурсами для анализа и обработки данных, необходимыми компетенциями или возможностью вести совместную научную деятельность в силу территориальной удалённости ведущих научных центров страны.

Для решения перечисленных проблем создаются так называемые системы проведения дистанционных экспериментов, обладающих функционалом [6]:

- Организация и проведение экспериментов;
- Обработка данных на централизованных ресурсах;
- Обмен научно-техническими данными;
- Предоставление информационно-коммуникационных сервисов.

Одним из наиболее ярких и масштабных проектов, посвящённых тематике проведения дистанционных экспериментов, является Цифровая платформа совместных исследований (ЦПСИ²), разрабатываемая Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках национального проекта «Наука».

Согласно Концепции ЦПСИ [4], целью создания и разработки платформы является «обеспечение научного и научно-технического взаимодействия, организации и проведения совместных исследований в удалённом доступе, в том числе с зарубежными учеными». Для достижения сформулированной цели будет использоваться другая государственная информационная система, предполагающая доступ к уникальным научным установкам с помощью инфраструктуры коллективного пользования – автоматизированная система предоставления сервисов научной инфраструктуры коллективного пользования (АС УСНИК).

Сравнительный анализ Концепций АС УСНИК [5] и ЦПСИ [4] позволяет сделать вывод о том, что АС УСНИК выполняет функции агрегатора информации объектов научной инфраструктуры коллективного пользования, то есть осуществлять функцию централизованного сбора и хранения данных, в то время как функционал ЦПСИ сосредоточен

¹ Паспорт национального проекта «Наука» [Электронный ресурс] // Правительство России: Официальный сайт. URL: <http://static.government.ru/media/files/vCAoi8zEXRVSuy2Yk7D8hvQbpbUSwO8y.pdf> (дата обращения: 10.12.2021)

² Концепция Единой цифровой платформы научного и научно-технического взаимодействия (ЦПСИ) [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации. URL: https://minobrnauki.gov.ru/files/20190705_Kontseptsiya_TSPSI_1.4.pdf (дата обращения: 12.12.2021)

скорее на предоставлении и обмене научно-технической информацией, интеграции мирового научного сообщества и компетенций в российские исследования.

Для ЦПСИ определён следующий основной функционал, выполняемый, кроме прочего, с помощью сервисов, платформ и приложений АС УСНИК:

- Единый личный кабинет для научных сервисов, в т.ч. зарубежных;
- Взаимодействие учёных, в т.ч. удалённое участие в экспериментах, обмен научной информацией (при необходимости – с участием зарубежных коллег);
- Сбор и хранение экспериментальных данных;
- Формирование проектов, отчётности, совместная работа с документами.

Особенностью ЦПСИ является межгосударственный масштаб задач, возникающих перед системой, необходимость приведения к единому формату колоссального количества разрозненных хранилищ научной информации (по оценкам некоторых исследователей, их число превышает десять тысяч) [3], отсутствие возможности изменения параметров уникальной научной установки с помощью системы в целях безопасности.

Несколько иной подход к рассматриваемой тематике демонстрируют образовательные организации – создаются учебные виртуальные лаборатории. целью которых является демонстрация эксперимента или серий экспериментов в учебных целях.

Отличительной особенностью экспериментов, проводимых в учебных целях, является возможность повлиять на условия эксперимента (параметры оборудования установки или стенда, входные данные и т.д.). Это становится возможным благодаря следующим ключевым факторам (рис. 1):

1. Ограниченный ряд пользователей (студентов), имеющих доступ к условиям эксперимента;
2. Особый контроль действий пользователей (преподавателем и/или администратором);
3. Зачастую более низкая производительность учебных стендов и установок по сравнению с научными установками.

³ Антопольский А.Б. Научная информация и цифровое пространство знаний: постановка задачи для России // Наука и научная информация. 2020; № 3(1). С. 8-17.

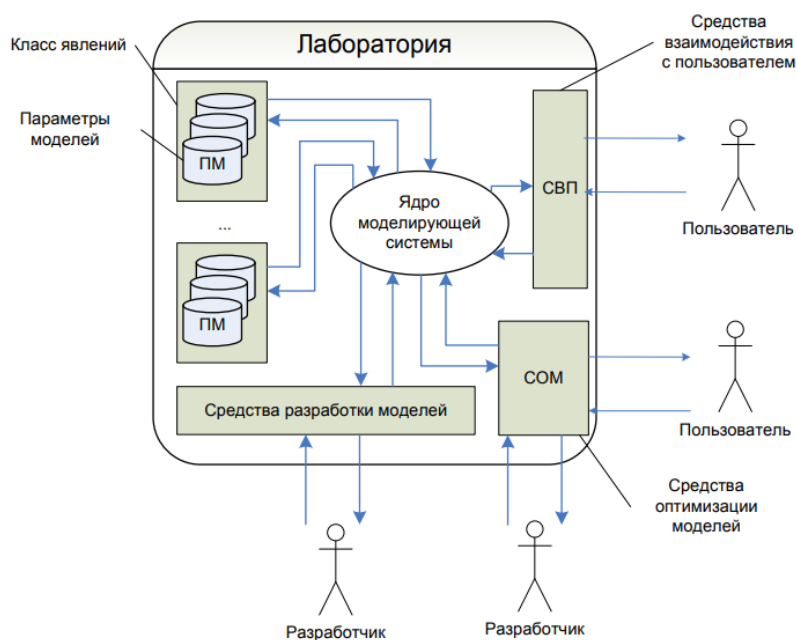


Рис. 1. Структурная схема виртуальной лаборатории

Следует отличать программные виртуальные лаборатории, в которых не используются физические приборы и инструменты, а все эксперименты и опыты проводятся в компьютерном виде, и программно-аппаратные виртуальные лаборатории, позволяющие дистанционно управлять реальным оборудованием.

В НИЯУ МИФИ совместно с Госкорпорацией «Росатом» разработан ряд программных виртуальных лабораторий (виртуальные аналоги уран-графитовой подкритической сборки, критического стенда Годива, Цифровой двойник теплогидравлического стенда и т.д.). С помощью инструментов визуализации в среде виртуальной реальности возможно проводить лабораторные и исследовательские работы [8].

Программные лаборатории позволяют проводить опыты с дорогостоящим или опасным оборудованием, применение реальных аналогов которого в учебном процессе нецелесообразно. В то же время многие образовательные дисциплины требуют наличия практических навыков работы с реальным оборудованием. Можно привести примеры программно-аппаратных учебных виртуальных лабораторий:

- Интернет-лаборатория «Радиотелескоп МГТУ им. Н.Э. Баумана» [4];
- Лаборатория с удаленным доступом «Физические основы электроники» СибГУТИ [5];

⁴ Интернет-лаборатория «Радиотелескоп МГТУ им. Н.Э.Баумана» [Электронный ресурс] // МГТУ им. Н.Э.Баумана. URL: http://lud.bmstu.ru/lab_rtelescope.htm (дата обращения: 16.12.2021)

⁵ Лаборатория Электронных Средств Обучения (ЛЭСО) СибГУТИ [Электронный ресурс] // СибГУТИ. URL: <http://www.labfor.ru/online/electronics> (дата обращения: 16.12.2021)

- Виртуальные лаборатории МГУ им. Ломоносова (нелинейно-оптическая микроскопия, использование тканевых сфероидов и т.д.) [6].

Сложность применения программно-аппаратных виртуальных лабораторий заключается в необходимости разработки и интеграции специализированного программного обеспечения, позволяющего осуществлять функции дистанционного управления оборудованием и обработки экспериментальных данных. С точки зрения структуры виртуальные лаборатории могут быть представлены как отдельной информационной системой (в случае программной виртуальной лаборатории), или же совокупностью учебных рабочих станций, учебного оборудования и информационной системы (для программно-аппаратных виртуальных лабораторий).

Другой тенденцией в цифровизации является создание отраслевых систем проведения эксперимента. Отраслевые системы проведения экспериментов могут использоваться как для подготовки кадров, так и для совместной реализации исследовательских проектов, в которых задействованы сразу несколько организаций. Рассмотрим несколько примеров таких отраслевых сетей и сформулируем их особенности.

На основе распределенной лаборатории удаленного доступа «Наносент» создана российская система удаленного физического эксперимента в составе Национальной нанотехнологической сети. Сеть предполагает использование центров коллективного пользования научным оборудованием. Задачей сети является формирование «эффекта присутствия» благодаря таким элементам удалённого доступа, как доступ к интерфейсу управления, аудио- и видеосвязь с операторами эксперимента, сохранение данных на компьютере удалённого участника. Таким образом, специфику Национальной нанотехнологической сети составляет отсутствие централизованных серверов хранения и обработки данных: экспериментальные данные получают лишь непосредственные участники исследования (рис. 2).

⁶ Виртуальная наука [Электронный ресурс] // Интернет-издание N+1. URL: <https://nplus1.ru/material/2020/10/15/virtual-laboratories> (дата обращения: 16.12.2021)

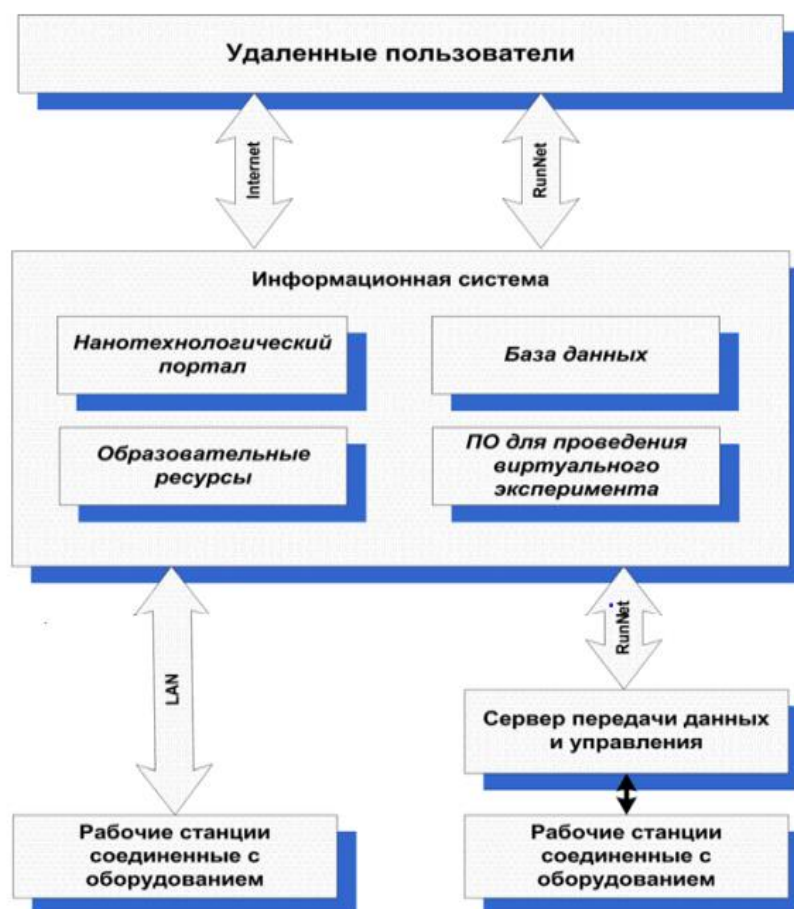


Рис. 2. Структурная схема Национальной нанотехнологической сети

С 2021 года в рамках федеральной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года» ведутся работы по разработке и созданию аппаратно-инфраструктурной платформы информационно-коммуникационного пространства.

Согласно техническому заданию на платформу [7], целью проекта является «сбор и хранение научной информации с использованием единой системы классификации, а также предоставление данной информации и общесистемных информационно-телекоммуникационных сервисов участникам исследований». Определены следующие функции платформы (рис. 3):

- Планирование научных программ и экспериментов;
- Совместное проведение исследований в области УТС;

⁷ Техническая часть. Разработка и создание аппаратно-инфраструктурной платформы информационно-коммуникационного пространства в области термоядерных исследований в РФ. Этап 2021 года [Электронный ресурс] // Ассистент по тендерам Tender-race. URL: https://tender-race.ru/js/pdf_js/web/viewer.html?file=/userfiles/files_cuh4q1c/file_61421495.doc.pdf

- Централизованное накопление научных данных и совместный доступ к ним, а также предоставление централизованных вычислительных ресурсов;
- Предоставление коммуникационных и информационных сервисов.

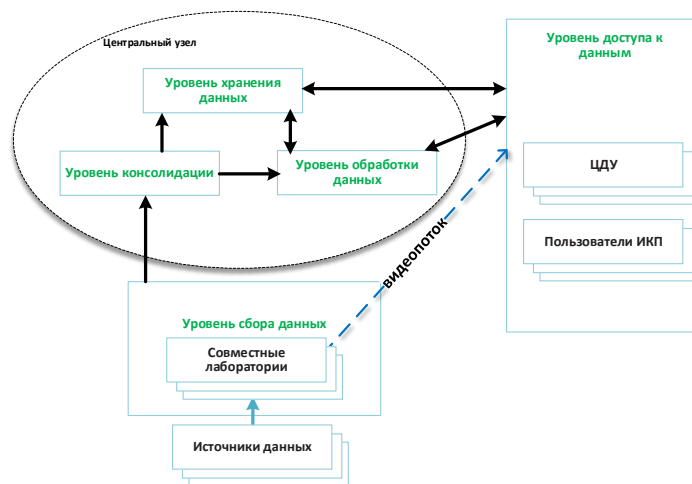


Рис. 3. Структурная схема Аппаратно-инфраструктурной платформы информационно-коммуникационного пространства

Отраслевые системы проведения экспериментов разрабатываются для консолидации научных данных и знаний по определённой тематике. Они обладают широким функционалом, но ограничены применением в рамках отрасли. С точки зрения структуры отраслевые системы проведения экспериментов представлены совокупностью рабочих станций, серверной инфраструктурой и информационной системой – интерфейсом доступа к сервисам.

Заключение

В рамках научно-исследовательской деятельности можно выделить следующие процессы, которые связаны с цифровизацией в рамках систем проведения экспериментов:

1. Планирование научных программ и экспериментов;
2. Участие в территориально-распределённых экспериментах;
3. Сбор и хранение научных данных;
4. Совместный анализ результатов экспериментов;
5. Публикация результатов научно-исследовательской деятельности;
6. Проведение публичных научных мероприятий – конференций, семинаров, а также информационный обмен между участниками научно-исследовательской деятельности.

Цифровизация процессов проведения экспериментов позволяет решить следующие системные задачи, стоящие перед отечественной наукой:

- Сокращение финансовых издержек на проведение экспериментов за счёт создания централизованных вычислительных ресурсов для анализа и обработки экспериментальных данных;
- Сокращение временных издержек благодаря совместному доступу к данным без необходимости прохождения длительных бюрократических процедур;
- Сокращение целого ряда издержек за счёт формирования «эффекта присутствия» на эксперименте без необходимости организации командировки;
- Стимулирование научно-исследовательской деятельности за счёт доступности научных данных и специализированного ПО для работы с данными;
- Обновление научно-исследовательской инфраструктуры при создании центров коллективного пользования;
- Подготовка кадров на реальном оборудовании или его виртуальных аналогах.

Цифровизация позволяет упростить и оптимизировать описанные процессы, в том числе для проведения эксперимента в научных и образовательных организациях (федеральные межотраслевые системы проведения экспериментов; учебные виртуальные лаборатории; отраслевые системы проведения экспериментов).

Федеральные межотраслевые системы обладают фактически неограниченными возможностями расширения и интеграции, в т.ч. с государственными информационными системами или зарубежными научными платформами. Однако практическая реализуемость федеральных межотраслевых систем вызывает сомнения: необходимо провести инвентаризацию и привести к единообразию более десяти тысяч существующих цифровых коллекций и банков данных научной информации.

Учебные виртуальные лаборатории создаются в целях поддержки учебного процесса. Существуют два типа виртуальных лабораторий: программные (без аппаратной инфраструктуры) и аппаратно-программные. Виртуальные лаборатории широко применяются в образовательных организациях.

Отраслевые системы проведения экспериментов могут использоваться как для подготовки кадров, так и для совместной реализации исследовательских проектов, в которых задействованы сразу несколько организаций. Они являются гибким и приспособленным под конкретные задачи инструментом цифровизации процессов научно-исследовательской деятельности.

Литература

1. Антопольский А.Б. Научная информация и цифровое пространство знаний: постановка задачи для России // Наука и научная информация. 2020; № 3(1). С. 8-17.

2. Виртуальные подкритические стенды [Электронный ресурс] // VR Lab MPhI. URL: <https://vr.mephi.ru/> (дата обращения: 16.12.2021)
3. Коломейченко А.С. и др. Роль информационно-консультационных служб в информационном обеспечении передачи инноваций в АПК // Научное мнение. 2014. № 5. С. 117-124.
4. Концепция Единой цифровой платформы научного и научно-технического взаимодействия (ЦПСИ) [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации. URL: https://minobrnauki.gov.ru/files/20190705_Kontsepsiya_TSPSI_1.4.pdf (дата обращения: 12.12.2021)
5. Концепция цифровой автоматизированной системы предоставления сервисов научной инфраструктуры коллективного пользования (АС УСНИКП) [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации. URL: https://minobrnauki.gov.ru/common/upload/library/2019/07/Kontsepsiya_AS_USNIKP (дата обращения: 12.12.2021)
6. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. — Минск: Изд-во БГУ, 1982. — 302 с
7. Наука России в 10 цифрах [Электронный ресурс] // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». URL: <https://issek.hse.ru/news/442044357.html> (дата обращения: 10.12.2021)
8. Польшакова Н.В. и др. Цифровизация научно-исследовательской деятельности как основной инструмент мониторинга научно-технической работы вуза // Вестник ОрелГАУ. 2020. №1 (82). С. 122-129.
9. Шамаева Е.Ф. Модели формализованной оценки и поддержки принятия решений при управлении региональным развитием на основе измеримых показателей / Е. Ф. Шамаева // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 4(43). – DOI 10.26102/2310-6018/2023.43.4.001.
10. Головин А.А. Управление качеством жизни населения с использованием бюджета социального времени: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика труда): диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. 2022. – 225 с.