

ЭКОНОМИКА ФИРМЫ И БИЗНЕС-СЕТЕЙ

УДК 338.2+338.5
JEL M11+O32+O38

Определение оптимального интервала средней загрузки научного оборудования центра коллективного пользования

*Н. М. Кропачев, С. В. Микушев,
А. А. Соловьев, И. С. Трапезникова*

Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Для цитирования: Кропачев, Н. М., Микушев, С. В., Соловьев, А. А. и Трапезникова, И. С. (2024) 'Определение оптимального интервала средней загрузки научного оборудования центра коллективного пользования', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 40 (3), с. 338–354. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2024.301>

Современные центры коллективного пользования (ЦКП) научным оборудованием представляют собой базу формирования уникальных научных компетенций и конкурентных преимуществ на рынке научно-исследовательских услуг. Как узкоспециализированные инструменты научной и инновационной инфраструктуры, ориентированные на реализацию приоритетных направлений научно-технологического развития страны, финансируемые в том числе за счет средств государственного бюджета, центры сталкиваются с необходимостью достоверной оценки эффективности вложений государственных средств, что и приводит к формированию объективной потребности совершенствовать организацию работы в указанном направлении. Анализ результативности использования таких объектов убедительно доказывает, что имеются как организационные, так и практические проблемы реального доступа исследователей к этим объектам, в том числе отсутствие централизованного контроля за соблюдением нормативных требований, сложность с обеспечением связности системы ЦКП, ограничения доступа исследовательских групп. Государственный регулятор законодательно закрепляет требования к контролю за результативностью использования дорогостоящего научного оборудования и уникальной приборной базы, однако нормативный подход не учитывает особенности функционирования ЦКП относительно специализации, разнообразия приборной базы и т. д. В настоящей статье рассмотрены проблемы применения стандартизированного подхода к оценке результативности деятельности центров коллективного пользования научным оборудованием и уникальными науч-

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2024

ными установками. Общий характер показателей, включенных в требования к ЦКП, которые созданы и (или) функционирование которых обеспечивается с привлечением бюджетных средств, не отражает отличия центров по условиям функционирования, составу оборудования, видам проводимых исследований и иным существенным характеристикам. Внимание акцентировано на одном из ведущих показателей — на степени загрузки. Авторы полагают, что усредненность требований может привести к искажению данных и нивелировать результаты государственного мониторинга. Предложены подходы к разработке критериев оценки оптимального интервала средней загрузки научного оборудования ЦКП и обоснование целесообразного времени такого в зависимости от вида и целей использования. Исследование проведено на примере Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского государственного университета — Научного парка СПбГУ.

Ключевые слова: центр коллективного пользования научным оборудованием, оптимальный интервал загрузки, оценка результативности деятельности.

Введение

На протяжении многих лет в Российской Федерации уделяется внимание созданию и модернизации специализированной инфраструктуры для обеспечения научно-исследовательской деятельности, финансируется создание передовых уникальных научных установок, центров коллективного пользования научным оборудованием и т. п. Вместе с тем возникает ряд проблем, преодоление которых требуется для действительно эффективного использования указанных объектов.

Анализ эффективности их использования убедительно доказывает, что имеются как организационные, так и практические проблемы реального доступа исследователей к этим объектам. С одной стороны, отсутствует централизованный контроль за соблюдением Постановления Правительства РФ¹, не предусмотрены меры ответственности за его неисполнение. Аналогичная ситуация и с другими подобными документами. С другой стороны, учитывая значительную географическую удаленность, распределенность объектов научно-исследовательской инфраструктуры по территории России, следует предпринимать специальные шаги, направленные на обеспечение связности данной системы. К сожалению, на государственном уровне этим вопросам долгое время не уделялось необходимого внимания, что приводило на практике к развитию местечковости, к тому, что значительные капиталовложения оказывались неэффективными, те или иные установки работали вполсилы, обслуживая научные коллективы только одного научного учреждения, а порой лишь одной его лаборатории, «приватизировавшей» ту или иную установку.

О данной проблеме неоднократно говорилось в публикациях сотрудников Санкт-Петербургского государственного университета (Белов, Линская и Кропачев, 2020; Соловьев и Суязов, 2021). Впервые вопрос был поднят на заседании Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию 27.11.2018 г., и затем проблема обеспечения доступа к объектам государственной

¹ Постановление Правительства РФ от 17 мая 2016 г. № 429 «О требованиях к центрам коллективного пользования научным оборудованием и уникальным научным установкам, которые созданы и (или) функционирование которых обеспечивается с привлечением бюджетных средств, и правилах их функционирования». URL: <https://base.garant.ru/71402960/> (дата обращения: 20.04.2024).

научной инфраструктуры была затронута 08.02.2023 г. Наконец, очередная Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации² в явном виде обозначила в качестве одного из приоритетов не только создание и развитие уникальных научных установок и других объектов инфраструктуры научных исследований, но и задачу обеспечения «доступа исследователей и исследовательских коллективов к... научной инфраструктуре... на всей территории страны» (п. 29, пп. в). При этом в ранее действовавшей Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642) говорилось лишь о проблеме «доступа исследовательских групп к национальным и международным информационным ресурсам» (п. 32, пп. в). Важно отметить, что в Санкт-Петербургском государственном университете не только выявили и обозначили проблему, но и предприняли конкретные шаги по ее решению, к которым можно отнести как создание и внедрение системы дистанционной подачи и выполнения заявок на работу с оборудованием Научного парка СПбГУ (с 2018 г.), которая построена на принципах равного доступа всех исследователей и обеспечения публичного общественного контроля (в целях исключения случаев дискриминации или установления необоснованных преференций), так и, например, введение в 2023 г. практики предоставления за счет фондов СПбГУ жилья иногородним пользователям научного оборудования на период проведения исследований.

Следующим шагом после преодоления организациями — держателями научного оборудования, входящими в сеть центров коллективного пользования научным оборудованием, трудности доступа к данному оборудованию для широкого круга пользователей авторам видится обсуждение проблемы действия единых показателей, не отражающих реального отличия центров коллективного пользования по существенным характеристикам. Этому вопросу будет посвящена данная статья.

На сегодняшний день контроль эффективности работы центров коллективного пользования осуществляется посредством ежегодного мониторинга согласно поручениям Правительства России и Министерства науки и высшего образования РФ и в соответствии с требованиями к центрам коллективного пользования научным оборудованием и уникальными научными установками, которые созданы и (или) функционируют которых обеспечивается с привлечением бюджетных средств³.

Требования включают минимальный перечень показателей, общий для всех ЦКП:

- уровень загрузки научного оборудования;
- число организаций, прибегающих к услугам центров;
- доля научных исследований, проводимых под руководством ученых в возрасте моложе 39 лет;

² Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/> (дата обращения: 20.04.2024).

³ Постановление Правительства РФ от 17 мая 2016 г. № 429. URL: <https://base.garant.ru/71402960/> (дата обращения: 20.04.2024).

— сведения о результатах научной деятельности, в том числе количестве публикаций о результатах исследований, проведенных с помощью научного оборудования центров коллективного пользования.

Основная цель заключается в попытке оптимизировать процесс контроля за эффективностью работы ЦКП путем внедрения единых стандартов. Однако стандартизированный подход не может достоверно отражать реальные результаты работы, более того, может привести к ситуации, в которой часть организаций, не имея возможности добиться нормативных результатов, будет прибегать к искажению данных, нивелируя результаты государственного мониторинга.

Общий характер показателей не отражает отличия центров коллективного пользования по условиям функционирования, составу оборудования, видам проводимых исследований и иным существенным характеристикам. В некоторых случаях рекомендуемые значения, в частности целевое значение отношения фактического времени работы оборудования центра и (или) уникальной установки к максимально возможному времени работы оборудования центра и (или) уникальной установки за год, не могут быть достигнуты (значение указанного показателя должно быть установлено в размере не менее 70 %). Заданный уровень загрузки не может считаться релевантным для любого типа оборудования. Во-первых, низкая степень загруженности не равна отрицательной полезности, к примеру в случаях работы на дополнительном оборудовании при пробоподготовке или при проведении дополнительных исследований, уточняющих основное исследование. Во-вторых, загрузка каждого вида оборудования на 70 % и более не отражает результативность его использования. Например, по научному результату 100%-ная загрузка электронного микроскопа может оказаться менее полезной, чем 10%-ная загрузка хромато-масс-спектрометра (Гусев, 2010).

Позиция контролирующих органов понятна: их основная цель заключается в применении всеми организациями — держателями научного оборудования единого стандарта определения расчетного времени работы для сходных групп научного оборудования. Но на сегодняшний день сложилась ситуация, в которой каждая организация сама принимает решение о том, какое расчетное время необходимо выставить для единиц оборудования, что не позволяет адекватно сравнивать загрузку приборов разных организаций. Наиболее оправданным при этом является вариант, когда за расчетное время работы прибора принимается максимально возможное время его работы, взятое из технической документации на оборудование, но использование и этого значения не является до конца обоснованным.

Указанное обстоятельство обуславливает актуальность следующих задач:

- 1) определение оптимального интервала средней загрузки научного оборудования центра коллективного пользования;
- 2) расширение перечней показателей оценки качества функционирования ЦКП с учетом специфичности индивидуальных характеристик.

Целью написания настоящей статьи является попытка внести вклад в изучение первой из выделенных задач. Авторами предложены подходы к формированию критериев оценки оптимального интервала средней загрузки научного оборудования ЦКП и обоснование целесообразного времени загрузки оборудования в зависимости от вида и целей использования на примере Научного парка СПбГУ.

В основе гипотезы исследования лежит предположение, что установленный руководящими документами норматив загрузки в 70 % не является оптимальным для всех типов оборудования.

Для определения подходов к разработке критериев использовались методы статистики, общенаучные методы анализа, аналогии, сравнения. В эмпирическую базу включены результаты исследований и расчетов, проведенных коллективом центра коллективного пользования «Научный парк СПбГУ», научные публикации, нормативные правовые и стратегические программные документы.

1. Постановка проблемы

Создание оптимальных условий для проведения научных исследований и разработок является приоритетной целью научно-технологического развития России⁴. Центры коллективного пользования, или структурные подразделения, созданные научными или образовательными организациями и располагающие научным и (или) технологическим оборудованием, квалифицированным персоналом и обеспечивающие в интересах третьих лиц выполнение работ и оказание услуг для проведения научных исследований, а также осуществления экспериментальных разработок⁵, — это один из признанных эффективных организационно-экономических механизмов достижения обозначенной цели.

Уровень развития научно-технологической инфраструктуры оказывает определяющее влияние на качественный и количественный состав научных исследований, а увеличение объема и разнообразия приборной базы положительно сказывается на публикационной и патентной активности⁶ (Lee, Choi and Yang, 2021). Доказаны положительные эффекты, связанные с сокращением разного рода барьеров при проведении научно-исследовательских работ комплексными научными группами на базе центров коллективного пользования (Lauto and Valentin, 2013). Именно поэтому вопросы оценивания действительной результативности работы и уточнения ключевых параметров этой процедуры имеют первостепенное значение.

Согласно данным портала НТИРФ (Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации), всего в России насчитывается 613 центров коллективного пользования, 389 уникальных научных установок, 13 наукоградов и 156 технопарков⁷. Большую часть в сети ЦКП (82 %) составляют центры коллективного пользования, созданные на базе академических институтов и ведущих вузов страны (Лущекина, 2020).

⁴ Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145. (Ст. 24). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/> (дата обращения: 20.04.2024).

⁵ Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/ (дата обращения: 20.04.2024).

⁶ Ресурсный потенциал и результативность деятельности центров коллективного пользования научным оборудованием и уникальных научных установок. (2021) М.: IMG Print. С. 36.

⁷ Официальный портал научно-технологической структуры Российской Федерации. URL: <https://skr-rf.ru/> (дата обращения: 03.05.2024).

Идея создания центров коллективного пользования базируется на предположении о повышении продуктивности использования дорогостоящего оборудования в условиях его консолидации с целью избежать дублирования затрат и обеспечить свободный доступ к научным разработкам широкому кругу исследователей (Клочков и Чернер, 2015). ЦКП рассматриваются как некие точки опоры для создания научной инфраструктуры. Чтобы верно оценить результативность их деятельности, важно выработать адекватные критерии оценивания такой результативности и формат их интерпретации.

В постановлении Правительства РФ № 429 от 17 мая 2016 г. в качестве показателей результативности ЦКП утверждены четыре общих параметра, в том числе уровень загрузки научного оборудования, фактическая загрузка оборудования в интересах третьих лиц, количество пользователей, а также количество публикаций отдельных категорий и иных результатов научной деятельности, полученных с помощью ресурсов центров.

Ряд научных исследований, проанализированных в данной статье, говорит о недостаточности и общем характере требуемых показателей, а также о некотором упрощении оценки, связанной с недоучетом индивидуальных характеристик оборудования (Белов, Соловьев и Суязов, 2021). Ученые сходятся во мнении, что сравнительный анализ, регламентируемый государством, необходим, но явно недостаточен в том виде, в каком он закреплен в нормативной базе. Предлагаются разные варианты комплексных мультикритериальных методических подходов.

Так, А. Б. Гусев считает, что показатели результативности можно условно разбить на две группы: стоимостные (фондоотдача, стоимость выполненных НИР и услуг, производительность ЦКП и степень ориентированности на внешних пользователей) и нестоимостные (число выполненных исследований, измерений, испытаний; патентная и публикационная активность; число аттестованных методик и пр.) (Гусев, 2010).

Петрова и Дресвянников говорят о квалиметрическом подходе, основанном на функционально-системном взаимодействии целей и систем, и предлагают двухмерный рейтинг центров коллективного пользования, включающий следующие шкалы: показатели научно-технического потенциала и показатели экономической результативности (Петрова, Дресвянников и Салмина, 2013).

Заслуживают внимания локальные методики оценки эффективности функционирования центров, учитывающие особенности и отличия по условиям функционирования, целевой направленности, видам оборудования и иным значимым параметрам (Белкин, Казакова и Скворцов, 2023; Зацаринный и др., 2020). В обозначенных методиках показатель загруженности оборудования учитывается как один из рядовых усредненных параметров, что является, на взгляд авторов настоящей статьи, не совсем верным, так как именно этот показатель отражает степень участия оборудования в проведении научных исследований. Вместе с тем авторы полагают, что показатель загрузки позволит получить объективную картину результативности функционирования центров коллективного пользования при условии существенной корректировки методических подходов.

Так, для корректного формирования отчетности по показателю загрузки необходимо верно учитывать фактическое и максимально возможное время работы

оборудования (далее такое время будет называться расчетным), что при налаженном учете работы каждого прибора видится достаточно рутинной задачей. Однако если фактическое время работы оборудования легко учитываемо (при отбрасывании поправки на человеческий фактор), то задание расчетного времени работы приборов — это задача, которая требует обсуждения. Рассмотрим подходы к решению указанной задачи на примере инфраструктуры СПбГУ — Научного парка.

2. Данные

Центр коллективного пользования «Научный парк СПбГУ» создан в 2015 г. с целью формирования современной научной структуры университета и для обеспечения доступной экспериментальной базой научных, научно-исследовательских работ, проводимых как сотрудниками вуза, так и иными заинтересованными лицами.

Научный парк СПбГУ по составу оборудования и технологическим возможностям является уникальным в России, а по ряду направлений — и в мире. Здесь размещены 1416 единиц научного, учебного и вспомогательного оборудования, включая более 137 уникальных измерительных комплексов стоимостью более 10 млн руб. каждый. Объем инвестиций в оборудование Научного парка к концу 2023 г. составил 7,5 млрд руб.

Уникальность оборудования Научного парка позволяет обеспечить широкий спектр прикладных и фундаментальных научных исследований по направлениям: нанотехнологии и материаловедение, биомедицина и здоровье человека, информационные системы и технологии, экология и рациональное природопользование. Согласно отчету центров коллективного пользования, за 2023 г. загрузка оборудования Научного парка составила более 80 %; на его базе выполнялось 1565 проектов и 50 676 заявок, исследовано 164 232 образца (рис. 1).

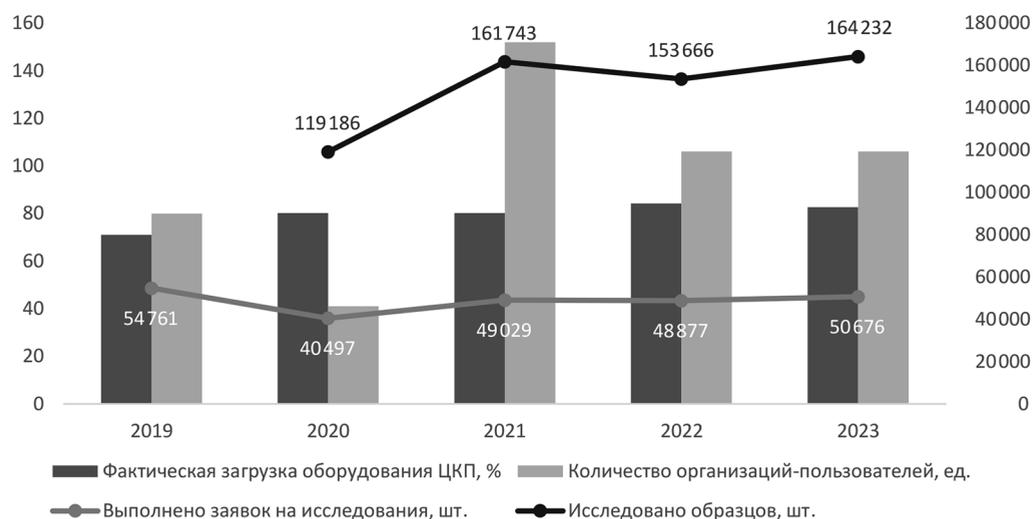


Рис. 1. Результаты мониторинга деятельности Научного парка СПбГУ

3. Методология

Научная инфраструктура СПбГУ включает в себя разноплановое оборудование: по приоритетам научно-технологического развития (рис. 2), по отнесению к таким категориям, как научное (учебное), основное (вспомогательное), уникальное (рутинное) (рис. 3).

При проработке единых подходов к определению расчетного и фактического времени следует принять во внимание, что приборы из разных категорий не будут на практике загружены одинаково. Например, оборудование, задействованное в учебном процессе, будет загружено в соответствии с расписанием занятий, а загрузка приборов для пробоподготовки не будет равна загрузке основного оборуду-



Рис. 2. Распределение оборудования Научного парка по приоритетам научно-технологического развития

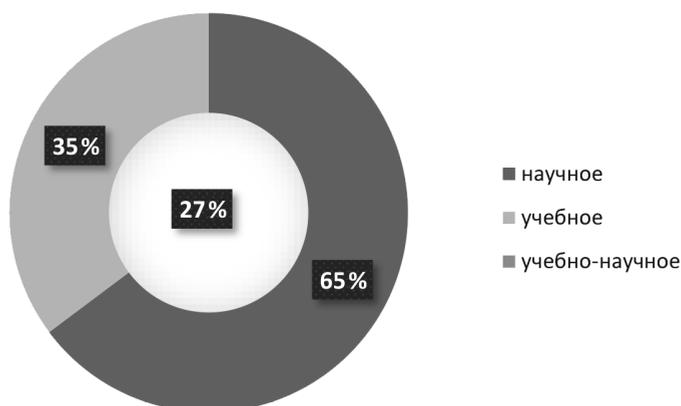


Рис. 3. Распределение оборудования Научного парка по категориям научное/учебное

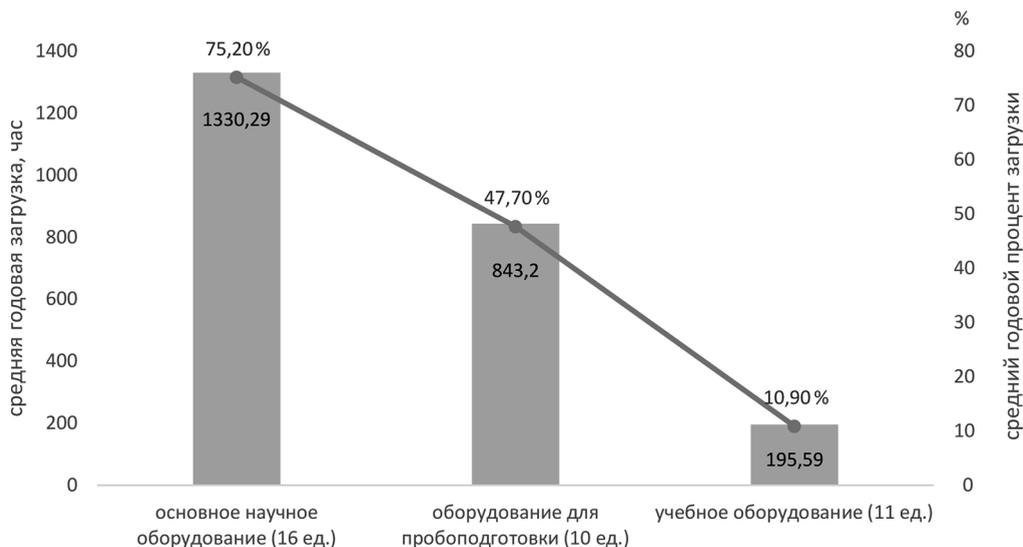


Рис. 4. Пример загрузки оборудования ресурсного центра «Рентгенодифракционные методы исследования» по категориям

дования. Даже в рамках одной области научных исследований загруженность оборудования будет различной (рис. 4)⁸.

Из приведенного графика видно, что оборудование для пробоподготовки загружено ниже порогового значения в 70%. Но это отнюдь не означает, что оно работает неэффективно. Пробоподготовка сама по себе не является основным методом исследования, но при этом вносит огромный вклад в основной эксперимент. Если погрузиться глубже в суть исследовательской работы, становится понятно: для реализации эксперимента на отдельной единице основного оборудования могут быть использованы разные наборы (комплексы) оборудования для пробоподготовки, что связано, например, с типом исходного образца или направлением исследования.

Для наглядности приведены три примера из различных научных областей, призванные продемонстрировать многообразие подготовки образцов для их исследования методами СЭМ (сканирующий электронный микроскоп) на одном конкретном электронном микроскопе Carl Zeiss Merlin.

При исследовании биологических объектов, в частности для построения таксономической системы разных групп беспозвоночных методами СЭМ, исследователи, как правило, становятся перед выбором: изучать твердые внешние структуры, отдельные органы или внешний вид мягкого тела в целом. Необходимость такого выбора обусловлена тем, что, с одной стороны, для подготовки внешних каркасов (раковины, створки моллюсков и прочие внешние скелеты) требуются механическая и/или химическая очистка поверхности от органических остатков и последующее запыление чистой поверхности тонким проводящим (металлическим или

⁸ Эффективность эксплуатации научного оборудования, определение приоритетов использования, мониторинг. Отчет Научного парка СПбГУ. URL: https://alu.spbu.ru/images/docs/20200313_tolstoi.pdf (дата обращения: 24.04.2024).

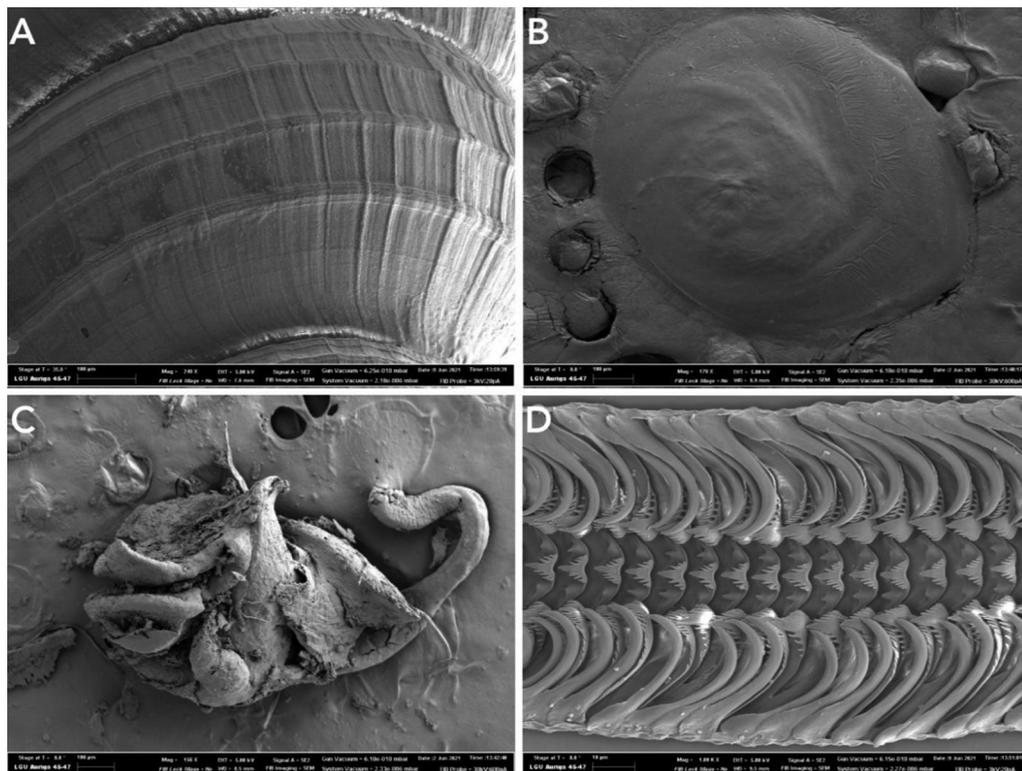


Рис. 5. Изображения частей одного экземпляра моллюска *Alvania* sp., полученные при помощи описанного протокола: А — фрагмент раковины; В — крышечка; С — фрагмент мягкого тела с копулятивным органом; D — фрагмент радулы (челюсти).

Источник: (Нехаев, Брюханова и Лошаченко, 2021)

углеродным) слоем. С другой стороны, подготовка внутренних органов и мягких тканей предполагает их аккуратное извлечение, сушку (криосушка, лиофилизация, сублимационная сушка и пр.), фиксацию и исследование на максимально щадящем низковольтном режиме микроскопа. Процесс извлечения мягких тканей в большинстве случаев сопровождается разрушением внешнего скелета, и только в крайне редких случаях удается разработать протокол для полномасштабных исследований индивидуальных объектов, что крайне полезно, когда мы имеем дело с уникальными экземплярами (рис. 5).

При исследовании и характеристике объектов, относящихся к материаловедению и нанотехнологиям, подход к подготовке образцов сильно меняется. На первый план выходит высочайшая степень аккуратности и точности, которые требуются как от специалиста, так и от оборудования, на котором производятся те или иные манипуляции. Подобные требования возникают оттого, что объекты исследования в данных областях научного интереса имеют размеры от сотен до единиц нанометров, которые могут располагаться обособленно на относительно больших расстояниях друг от друга или быть скрытыми в объеме материала. Хрестоматийный пример подготовки наноструктурированного образца, или образца с особенностью субмикронного размера, — это изготовление

ламелы, другими словами, ультратонкой пластинки с характерными размерами $1,5 \times 5 \times 20$ мкм и локальным утонением до 20–30 нм. Ламелы главным образом предназначены для исследования методами просвечивающей электронной микроскопии, но в ряде случаев могут быть использованы в других методах для повышения разрешения или чувствительности. Изготовление подобных структур требует наличия отдельного электронного микроскопа, оснащенного ионной колонной для наблюдения происходящих процессов и прецизионного травления материала (двулучевая рабочая станция, CrossBeam Workstation), оборудованной системой инжекции газов и микроманипулятором для перемещения и фиксации ламелы.

В процессе микроскопических исследований минералов используются различного рода шлифы, приготовление которых предполагает целый спектр оборудования для механической обработки (дисковые и струнные пилы, фрезерные и сверлильные установки, установки для шлифовки и полировки) и фиксации (вакуумные импрегнаторы и системы для запрессовки в полимерный компаунд). Электронная микроскопия и ее приложения, в свою очередь, требуют нанесения на шлиф тонких проводящих углеродных покрытий. Поскольку в ряде случаев задача исследователя сводится к сбору и объединению коллекции проб, а пробы — это фрагменты пород с размерами, не превышающими сотню микрометров, то отдельные полимерные шайбы ($\varnothing = 20$ мм) могут содержать коллекцию из сотен уникальных образцов, поэтому любое неаккуратное действие при шлифовке и полировке может привести к безвозвратным потерям уникальных образцов.

Из приведенных рассуждений напрашиваются утверждения о целесообразности оценки загрузки только основного оборудования и о неэффективности увеличения загрузки приборов пробоподготовки за счет сокращения разнообразия их вариантов. Для того чтобы приборы пробоподготовки не выпадали из учета, можно предложить их объединение в комплексы в соответствии с имеющимися и используемыми ЦКП методиками.

Помимо привязки приборов к определенной категории нельзя забывать об учете периодов технического обслуживания, ремонта и отключения этих приборов, а также о графике работы оператора (смены, больничные, отпуска, увольнения) (рис. 6).

Далее приведем примеры для понимания, как все сказанное влияет на расчетное время работы оборудования.

Пример 1. Расчетное и фактическое время работы для просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM 1400.

Паспортные значения — нет ограничений;

- режим работы прибора — ручная работа с оператором;
- режим работы оператора — 40-часовая рабочая неделя;
- запуск микроскопа — 30 мин в день;
- выключение микроскопа — 30 мин в день;
- применение пользовательских настроек — 1 ч в день.

Итого *расчетное (плановое) время* — 6 ч в день.

Корректировка. Регламентные работы — замена катода (1 ч в 3 мес.), настройка камеры (1 ч в мес.), подготовка к выходным (1 ч в нед.), замена дистиллята (6 ч в 2 мес.) — 25 мин в день.

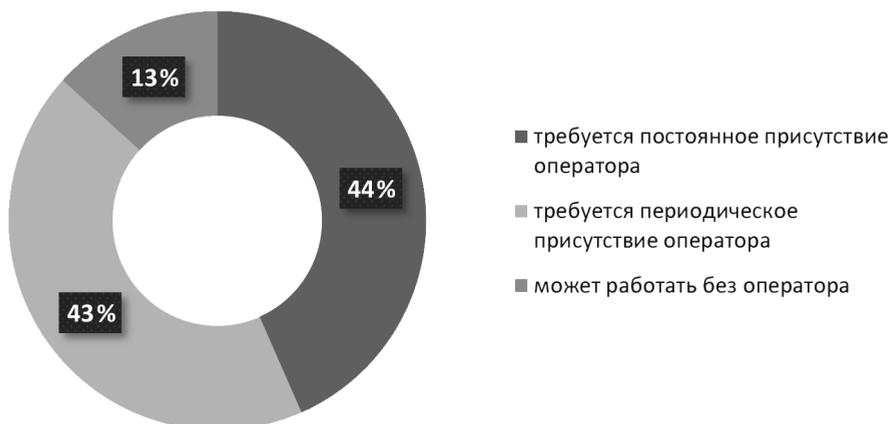


Рис. 6. Распределение оборудования по условиям сопровождения

Скорректированное расчетное (плановое) время работы микроскопа — 5 ч 35 мин в день.

Фактическое время работы за учетный год составило — 5 ч 58 мин в день. Фактическое время работы микроскопа превысило скорректированное плановое время в связи с увеличением запросов на исследование на данном микроскопе (проведение работ в выходные дни и вне планового графика).

Пример 2. Расчетное и фактическое время работы для Bruker AVANCE 500 Neo. Паспортные значения — нет ограничений;

— режим работы прибора — полуавтоматическая работа с оператором 24×7 (после загрузки пула образцов оператором прибор работает в автоматическом режиме все то время, которое требуется для регистрации спектров загруженных образцов);

— режим работы оператора — 40-часовая рабочая неделя;

— заправка азотом — 8,5 мин в день.

Итого расчетное (плановое) время работы прибора — 23 ч 51,5 мин в день.

Корректировка. Регламентные работы — 6,5 мин в день.

Скорректированное расчетное (плановое) время работы — 23 ч 45 мин в день.

Фактическое время работы за учетный год составило — 23 ч 2 мин в день.

Кроме того, необходимо учитывать аспект экономической эффективности работы центров коллективного пользования научным оборудованием, так как именно этот показатель отражает финансовую самостоятельность и жизнеспособность ЦКП. Подход к расчету рентабельности работы центров был предложен В.В. Качаком (Качак, 2010; Гусев, 2010). Показатель рентабельности G равен отношению разницы между объемом оказанных ЦКП услуг в стоимостном выражении и себестоимости этих услуг к себестоимости, которая, в свою очередь, представлена формулой:

$$G = A + B + C + D + E + F,$$

где A — амортизационные отчисления по основному оборудованию, руб./ч, B — амортизационные отчисления по вспомогательному оборудованию, руб./ч, C —

затраты на содержание и обслуживание основного и вспомогательного оборудования, руб./ч, D — затраты на электроэнергию, руб./ч, E — затраты на расходные материалы, руб./ч, F — заработная плата оператора оборудования, руб./ч.

Увеличение загрузки оборудования выше рационально обусловленных показателей приведет прежде всего к увеличению себестоимости оказываемых услуг. Так, паспортное значение срока полезного использования просвечивающего (трансмиссионного) электронного микроскопа Jeol JEM-1400 stem — 84 мес., амортизационные отчисления при нормальной загрузке оборудования (6 ч) составят чуть более 2000 руб./ч при начислении линейным методом. Однако, если фактическая загрузка микроскопа будет выше рационального расчетного значения, амортизация может быть увеличена в два раза. Это повлечет, во-первых, рост цен на услуги центров коллективного пользования и возможное снижение доли исследований, проводимых третьими лицами; во-вторых, ускорение физического износа оборудования и соответствующий рост затрат на обслуживание и ремонт; в-третьих, если прибор требует постоянного операторского сопровождения (а такого оборудования в Научном парке, как было показано ранее, более $\frac{1}{3}$ от общего количества), вырастут расходы на оплату труда, более того, речь может идти об увеличении количества штатных сотрудников ЦКП.

К подобному результату может привести и излишняя загрузка оборудования, требующего периодического обслуживания, так как соответственно увеличится количество выходов оператора. То есть речь идет о безусловном увеличении затрат на сопровождение и обслуживание деятельности центров при весьма условной перспективе увеличения научного результата или приращения того исследовательского эффекта, ради которого и создавались центры коллективного пользования научным оборудованием и уникальными научными установками.

4. Результаты

Таким образом, исходя из накопленного СПбГУ опыта, общий подход к расчету фактического и расчетного времени работы оборудования для ЦКП образовательных организаций высшего образования может быть описан следующим образом.

1. Расчетное (плановое) время работы научных приборов в составе ЦКП.

Расчетное (плановое) время работы научного оборудования — это время работы оборудования за рассматриваемый период, учитываемое в часах, рассчитываемое экспертом по работе с конкретным типом оборудования исходя из следующих условий:

1.1. Технические параметры прибора: паспортные значения.

1.2. Режим работы прибора:

- полностью автоматическая работа без участия оператора;
- полуавтоматическая работа с частичным присутствием оператора;
- работа с оператором.

1.3. Подготовка и обслуживание прибора:

- подготовка прибора перед работой (время прогрева, время на подготовку прибора к работе: заправка хладагентом, подключение баллонов, калибровка для каждого вида измерений, отмывка/чистка/сушка комплектующих);

- проведение необходимых действий для завершения работы;
 - применение пользовательских настроек.
- 1.4. Режим работы оператора:
- сменная работа;
 - 40-часовая рабочая неделя;
 - технические перерывы в работе оператора.
- 1.5. Цели использования оборудования:
- пробоподготовка;
 - основные исследования;
 - смешанный вариант использования.
- 1.6. Для какого вида деятельности используется оборудование:
- научно-исследовательская работа;
 - образовательная деятельность (использование прибора в рамках расписания).

2. Скорректированное расчетное (плановое) время работы научных приборов в составе ЦКП.

В конце рассматриваемого периода расчетное (плановое) время работы корректируется (уменьшается) на число часов, затраченных:

- на регламентные работы — техническое обслуживание оборудования, имеющее плано-профилактический характер с целью сохранения его эксплуатационных качеств;
- ремонтные работы;
- отпуска/неоплачиваемые отпуска/больничные в случае отсутствия возможности замены оператора.

3. Фактическое время работы научных приборов в составе ЦКП.

Фактическое время работы научного прибора — это фактическое число часов, которое отработал прибор за рассматриваемый период. Фактическое время работы зависит только от количества заказываемых пользователями услуг: фактическое время меньше расчетного времени, если в расчетный период заказано меньше услуг, выполнено меньше исследований; фактическое время больше расчетного времени, если в расчетный период заказано больше услуг, выполнено больше исследований.

Заключение

Итоговым методическим результатом проведенной работы можно считать предложенные авторами настоящего исследования подходы к формированию критериев оценки оптимального интервала средней загрузки научного оборудования центра коллективного пользования и обоснование целесообразного времени загрузки оборудования в зависимости от вида и целей его использования. Представлено описание подходов к расчету фактического и расчетного времени работы оборудования для ЦКП образовательных организаций высшего образования.

Центральная идея предлагаемого подхода заключается в том, что эксперт определяет рациональное расчетное время загрузки отдельно по каждому виду конкретного оборудования, опираясь на технические параметры, режимные ограничения работы в основном и подготовительных периодах, зависимость от присутствия оператора, а также цель использования и направления деятельности. Да-

лее расчетное время корректируется с учетом реальных условий работы, включая возможные простои на время ремонтных и регламентных работ, а также в случае отсутствия оператора (для тех видов оборудования, где это необходимо). При прохождении мониторинга оценивается фактическое время работы оборудования и сравнивается с показателем расчетного (планового) времени загрузки с учетом корректировок.

В этом случае обеспечивается учет специализации оборудования, делается поправка на человеческий фактор, когда это необходимо, выделяется резерв на ремонтные и технические работы. Следует учесть, что уникальное дорогостоящее научное оборудование устойчиво и сохраняет свои эксплуатационные свойства при оптимальном режиме работы, соответствующем технологическим характеристикам. Общие рекомендации к определению уровня загрузки недостаточны и довольно часто входят в противоречие с реальными условиями эксплуатации приборной базы ЦКП.

Представляется, что уточнение критериев оценки уровня загрузки оборудования позволит включить широкий спектр показателей в зависимости от условий эксплуатации и иных значимых факторов и определить интенсивную оптимальность работы. Стандартизированный подход может быть применим любым ЦКП при оценке результативности деятельности, в том числе с точки зрения экономической рентабельности. Но, резюмируя представленный материал, еще раз хочется подчеркнуть, что в погоне за эффективностью часто забывается, что процент загрузки оборудования является лишь одним из индикаторов, но не целью приобретения оборудования. Цель всегда — достижение научного результата, и оценка эффективности должна быть смещена в эту сторону.

Литература

- Белов, С. А., Линская, Ю. В. и Кропачев, Н. М. (2020) 'Единство системы государственных вузов в современной России', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент*, 2, с. 151–163.
- Белов, С. А., Соловьев, А. А. и Суязов, В. В. (2021) 'Принцип коллективного пользования государственным имуществом вузов как гарантия права на образование', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент*, 20 (3), с. 453–468.
- Белкин, Ю. Д., Казакова, М. А. и Скворцов, А. Е. (2023) 'Методология расчета рейтинга «Результативность центров коллективного пользования научным оборудованием и уникальных научных установок»', *Управление наукой и наукометрия*, 18 (4), с. 699–720.
- Гусев, А. Б. (2010) 'Методические подходы к оценке деятельности центров коллективного пользования научным оборудованием', *Наука. Инновации. Образование*, 5 (1), с. 189–202.
- Зацаринный, А. А., Волович, К. И., Денисов, С. А., Ионенков, Ю. С. и Кондрашев, В. А. (2020) 'Методические подходы к оценке эффективности центра коллективного пользования «Информатика»', *Системы высокой доступности*, 16 (2), с. 60–66.
- Качак, В. В. (2010) 'Центры коллективного пользования научным оборудованием в секторе современных исследований и разработок', *Российские нанотехнологии*, 5 (5–6), с. 17–23.
- Клочков, В. В. и Чернер, Н. В. (2015) 'Центры коллективного пользования в прикладной авиационной науке: эффективность и направления развития', *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 42 (276), с. 2–17.
- Лушекина, Е. В. (2020) *Исследовательская инфраструктура России: состояние и перспективы развития*. М.: Буки Веди.
- Нехаев, И. О., Брюханова, В. В. и Лошаченко, А. С. (2021) *Протокол для многостадийного изучения морфологии методами СЭМ редких и уникальных экземпляров/объектов беспозвоночных на примере микромоллюсков. Методики Научного парка СПбГУ*. СПб.

- Петрова, Е. В., Дресвянников, А. Ф. и Салмина, О. А. (2013) 'Разработка комплексного подхода к оценке деятельности центра коллективного пользования научным оборудованием. «Наноматериалы и нанотехнологии»', *Вестник Казанского технологического университета*, 16 (9), с. 51–53.
- Соловьев, А. А. и Суязов, В. В. (2021) 'Организационно-правовые механизмы повышения эффективности государственных расходов на образование и науку', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Право*, 14 (4), с. 907–920.
- Lee K., Choi S. and Yang J.S. (2021) 'Can expensive research equipment boost research and development performances?' *Scientometrics*, 126 (9), pp. 7715–7742.
- Lauto, G. and Valentin, F. (2013) 'How Large-Scale Research Facilities Connect to Global Research', *Review of Policy Research*, 30 (4), pp. 381–408.

Статья поступила в редакцию: 12.04.2024
Статья рекомендовано к печати: 16.05.2024

Контактная информация:

Кропачев Николай Михайлович — д-р юрид. наук, проф.; <https://orcid.org/0000-0002-2976-4026>, n.kropachev@spbu.ru
Микушев Сергей Владимирович — канд. физ.-мат. наук, доц.; science@spbu.ru
Соловьев Александр Александрович — первый заместитель по правовым вопросам проректора — руководителя Аппарата ректора; a.soloviev@spbu.ru
Трапезникова Ирина Сергеевна — д-р экон. наук, доц.; <https://orcid.org/0000-0002-2244-8370>, i.trapeznikova@spbu.ru;

Determination of the optimal interval of the average load of the scientific equipment of the center for collective use

N. M. Kropachev, S. V. Mikushev, A. A. Solovyov, I. S. Trapeznikova

St. Petersburg State University,
7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

For citation: Kropachev, N. M., Mikushev, S. V., Solovyov, A. A. and Trapeznikova, I. S. (2024) 'Determination of the optimal interval of the average load of the scientific equipment of the center for collective use', *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 40 (3), pp. 338–354. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2024.301> (In Russian)

Modern Centers for the collective use of scientific equipment represent the basis for the formation of unique scientific competencies and competitive advantages in the market of research services. As highly specialized tools of scientific and innovative infrastructure, whose activities are aimed at implementing priority areas of scientific and technological development of the country, Centers funded, including from the state budget, face the need for a reliable assessment of the effectiveness of public funds investments, which leads to the formation of an objective need to improve the organization of work in this direction. The state regulator legislatively establishes requirements for monitoring the effectiveness of the use of expensive scientific equipment and a unique instrument base, however, the regulatory approach does not take into account the specifics of the functioning of the CCP regarding specialization, diversity of the instrument base, etc. This article discusses the problems of applying a standardized approach to evaluating the effectiveness of the centers for the collective use of scientific equipment and unique scientific installations. The general nature of the indicators included in the requirements for centers for the collective use of scientific equipment and unique scientific installations that have been created and (or) the functioning of which is provided with the involvement of budgetary funds does not reflect the differences between centers for collective use in terms of functioning, equipment composition, types of research and other essential

characteristics. Attention is focused on one of the leading indicators, namely, the degree of loading. The authors believe that the averaging of requirements can lead to data distortion and neutralize the results of state monitoring, and suggest approaches to developing criteria for evaluating the optimal interval of the average load of scientific equipment of the center for collective use and justification of the appropriate time of such, depending on the type and purpose of use. The study was conducted on the example of the Center for Collective Use of St. Petersburg State University — St. Petersburg State University Science Park.

Keywords: center for the collective use of scientific equipment, optimal loading interval, evaluation of the effectiveness.

References

- Belkin, Yu. D., Kazakova, M. A. and Skvortsov, A. E. (2023) 'Methodology for calculating the rating "Effectiveness of centers for collective use of scientific equipment and unique scientific installations"', *Science Governance and Scientometrics*, 18 (4), pp. 699–720. (In Russian)
- Belov, S. A., Linskaya, Yu. V. and Kropachev, N. M. (2020) 'The unity of the system of state universities in modern Russia', *Vestnik of the St. Petersburg University. Management*, 2, pp. 151–163. (In Russian)
- Belov, S. A., Solovyov, A. A. and Suyazov, V. V. (2021) 'The principle of collective use of state property of universities as a guarantee of the right to education', *Vestnik of St. Petersburg University. Management*, 20 (3), pp. 453–468. (In Russian)
- Gusev, A. B. (2010) 'Methodological approaches to evaluating the activities of centers for the collective use of scientific equipment', *Nauka. Innovatsii. Obrazovanie*, 5 (1), pp. 189–202. (In Russian)
- Kachak, V. V. (2010) 'Centers for the collective use of scientific equipment in the sector of modern research and development', *Rossiiskie nanotekhnologii*, 5 (5–6), pp. 17–23 (In Russian)
- Klochkov, V. V. (2015) 'Collective use centers in applied aviation science: Efficiency and development directions', *Financial Analytics: Science and Experience*, 42 (276), pp. 2–17. (In Russian)
- Lauto, G. and Valentin, F. (2013) 'How Large-Scale Research Facilities Connect to Global Research', *Review of Policy Research*, 30 (4), pp. 381–408.
- Lee K., Choi, S. and Yang, J. S. (2021) 'Can expensive research equipment boost research and development performances?', *Scientometrics*, 126 (9), pp. 7715–7742.
- Luschekina, E. V. (2020) *Russian research infrastructure: state and prospects of development*. Moscow: Buki Vedi Publ. (In Russian)
- Nekhaev, I. O., Bryukhanova, V. V. and Loshachenko, A. S. (2021) *Protocol for multi-stage morphological study of rare and unique invertebrate specimens/objects using micromollusks as an example. Methods of the St. Petersburg State University Science Park*. St. Petersburg. (In Russian)
- Petrova, E. V., Dresvyannikov, A. F. and Salmina, O. A. (2013) 'Development of an integrated approach to evaluating the activities of the Center for the collective use of scientific equipment "Nanomaterials and Nanotechnology"', *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 16 (9), pp. 51–53. (In Russian)
- Solovyov, A. A. and Suyazov, V. V. (2021) 'Organizational and legal mechanisms for increasing the efficiency of public spending on education and science', *Vestnik of Saint Petersburg University. Law*, 14 (4), pp. 907–920. (In Russian)
- Zatsarinny, A. A., Volovich, K. I., Denisov, S. A., Ionenkov, Yu. S. and Kondrashev, V. A. (2020) 'Methodological approaches to assessing the effectiveness of the collective use center "Informatika"', *Sistemy vysokoi dostupnosti*, 16 (2), pp. 60–66. (In Russian)

Received: 12.04.2024

Accepted: 16.05.2024

Authors' information:

Nikolay M. Kropachev — Dr. Sci. in Law, Professor; <https://orcid.org/0000-0002-2976-4026>,
n.kropachev@spbu.ru

Sergey V. Mikushev — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor; science@spbu.ru

Alexander A. Solovyov — First Deputy for Legal Affairs of the Vice-Rector — Head of the Rector's Office; a.soloviev@spbu.ru

Irina S. Trapeznikova — Dr. Sci. in Economics, Associate Professor; <https://orcid.org/0000-0002-2244-8370>, i.trapeznikova@spbu.ru