ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Инновации и инвестиции

ЦЕНТРЫ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРИКЛАДНОЙ АВИАЦИОННОЙ НАУКЕ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ*

Владислав Валерьевич КЛОЧКОВ[a,*], Наталья Владимировна ЧЕРНЕР[b]

[a] доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экономической динамики и управления инновациями, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Российская Федерация

vlad_klochkov@mail.ru

[b] кандидат экономических наук, доцент кафедры производственного менеджмента, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

cherner@mail.ru

[*] Ответственный автор

История статьи:
Принята 20.08.2015
Одобрена 19.10.2015

УДК 001.895:334.7:65.014
JEL: L52, L64, O33

Ключевые слова: авиационная наука, центр коллективного пользования, теория массового обслуживания, неоднородность, эффективность

Аннотация

Предмет. Рассматриваются условия взаимовыгодной организации центров коллективного пользования с дорогостоящими или уникальными объектами экспериментально-стендовой и полигонной базы в авиационной промышленности и отраслевой науке.

Цели. Разработка простых экономико-математических моделей эффективности образования центра коллективного пользования и определение условий, при которых он будет взаимовыгодным для пользователей.

Методология. Предлагаемые экономико-математические модели основаны на классической теории массового обслуживания. Объекты экспериментально-стендовой и полигонной базы (как используемые изолированно, так и объединяемые в центры коллективного пользования) представляются как пуассоновские системы массового обслуживания с неограниченными очередями. Учитывается, что в авиационной промышленности и отраслевой науке потенциальные пользователи экспериментально-стендовой и полигонной базы могут быть существенно неоднородными по уровню требований к характеристикам экспериментального оборудования, по сложности и срочности выполнения научно-исследовательских работ, по интенсивности их проведения. Поэтому в модели явным образом введены прирост средней длительности проведения экспериментальных научно-исследовательских работ, вызванный необходимостью перенастройки в расчете на потребности очередного пользователя, а также прирост стоимости оборудования, как плата за его универсальность. Определяется минимально необходимое число каналов обслуживания, при котором удовлетворяются требования самого взыскательного пользователя к средней длительности выполнения заявки на научно-исследовательские работы.

Результаты. Определены границы областей относительных приростов стоимости оборудования и средней длительности проведения научно-исследовательской работы, при которых организация центра коллективного пользования может быть взаимовыгодной, т.е. суммарные издержки всех потенциальных пользователей на содержание экспериментально-стендовой и полигонной базы сокращаются. Оценивается относительная экономия этих затрат в зависимости от значений относительных приростов. Рассмотрено несколько типовых распределений потенциальных пользователей по интенсивности заявок, сложности экспериментальных научно-исследовательских работ и уровню требований к срокам их выполнения.

Выводы и значимость. Разработанные модели могут использоваться для получения приближенных оценок эффективности при создании центров коллективного пользования. В краткосрочной перспективе модели могут быть применены для экономического обоснования организации центров коллективного пользования и выбора количества каналов обслуживания, а в долгосрочной – для обоснования требований к перспективному научному оборудованию и методам проведения экспериментальных научно-исследовательских работ.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 14-02-00155а).

Введение

Для создания научно-технического задела, который обеспечит конкурентоспособность российского авиастроения, а также обороноспособность России в долгосрочной (30–50 лет) перспективе, необходимо проведение исследований в широком спектре направлений (как развивающихся на протяжении нескольких десятилетий [1, 2], так и новых, обоснованных в процессе проведения отраслевого форсайта[1]), а также поддержание технологического паритета с ведущими мировыми авиационными державами. В то же время малая емкость национального рынка авиационной техники (по сравнению с мировым рынком) снижает экономическую эффективность приобретения либо строительства (и последующего содержания) крупных, сложных, иногда уникальных объектов экспериментально-стендовой и полигонной базы.

Отдельные предприятия или научные учреждения не имеют ни экономической заинтересованности, ни финансовых возможностей нести такое бремя. Поэтому естественным, рациональным и даже единственно возможным в ряде случаев является путь совместного приобретения и использования объектов экспериментально-стендовой и полигонной базы в рамках *центров коллективного пользования* (ЦКП).

Традиционно считается, что консолидация материально-технической базы в хорошо оснащенных центрах коллективного пользования позволяет избежать дублирования затрат на ее создание и содержание, обеспечить эффективную загрузку дорогостоящего оборудования, кадрового потенциала и т.п. (см., например, [3, 4]). Помимо сокращения расходов на исследования и разработки не менее актуально и ускорение процесса прикладных поисковых исследований [5], разработки и сертификации авиатехники, сокращение рисков увеличения длительности этих этапов жизненного цикла изделий.

Центры коллективного пользования – это широко известная как за рубежом, так и в России[2] форма организации создания (приобретения) и использования дорогостоящего научного, испытательного, опытно-производственного и другого подобного оборудования в различных отраслях науки и высокотехнологичной промышленности. В то же время сами по себе ЦКП весьма разнообразны в силу различия видов оборудования, сфер его применения, пользователей и рынков, на которых взаимодействуют эти пользователи.

Чаще всего в экономической литературе рассматриваются центры коллективного пользования в таких областях деятельности, как прием заявок клиентов, информационное обслуживание и т.п. [4, 6]. Наиболее распространенным примером ЦКП является колл-центр, т.е. рассматриваются центры коллективного пользования, удовлетворяющие относительно однородные заявки и выполняющие стандартизированные, относительно простые операции. Что касается научной сферы, то рассматриваются ЦКП в сфере информационного обеспечения научно-исследовательских работ (НИР) и выполнения высокопроизводительных вычислений [7]. Такой автор, как Newton Kenneth, в своей известной специалистам работе[3] описал ЦКП, созданный в NASA, ведущей организации авиационной науки США. Этот центр коллективного пользования выполняет стандартизированные функции сопровождения научных проектов, бухгалтерского учета и т.п., освобождая исследователей от рутинных функций. Исследовательские центры NASA, безусловно, представляют собой объекты экспериментально-стендовой и полигонной базы, однако эти аспекты в экономических исследованиях не отражены.

В научной литературе в целом сохраняется дефицит современных работ по экономике и организации экспериментальных НИР, в том числе в авиастроении (некоторое исключение представляют собой работа [8] и др.). Проблемы организации и эффективного функционирования ЦКП с дорогостоящим научно-исследовательским оборудованием (в иных отраслях науки и техники) изучены в пионерских для отечественной экономической науки работах [9–11]. Однако в них не учтена отраслевая специфика авиационной промышленности и отраслевой науки. Кроме того, указанные труды имеют несколько иные цели и задачи.

Экономико-математические модели центров коллективного пользования [12], в том числе и

[1] Форсайт развития авиационной науки и технологий до 2030 г. и на дальнейшую перспективу / под ред. Б.С. Алешина, А.В. Дутова, С.Л. Чернышова. М.: Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. 2012. 190 с.

[2] *Маннапов А.Р.* Анализ основных функциональных ролей организаций инновационной экономики // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 27. С. 12–17.

[3] *Newton Kenneth.* Shared Services: Bringing Efficiency from NASA to Higher Education. URL: http://evolllution.com/opinions/shared-services-bringing-efficiency-nasa-higher-education.

вне сферы науки и наукоемкой промышленности, основаны на представлении ЦКП как *системы массового обслуживания* (СМО) [13, 14]), которая за счет объединения потоков заявок способна обеспечить более высокое качество обслуживания и (или) более низкие затраты на содержание, чем индивидуальные СМО, обслуживающие потоки индивидуальных заявок отдельных пользователей.

Показателями качества обслуживания могут служить среднее время ожидания заявки в очереди либо среднее время пребывания заявки в системе (включая собственно процесс обслуживания).

Далее в работе будут использоваться простые классические модели систем массового обслуживания, основанные на предположении о том, что все потоки событий, так называемые *простейшие*, подчиняются пуассоновскому распределению [13 и др.].

В не многочисленных пока работах, посвященных анализу и оптимизации процессов функционирования ЦКП [9–11], предлагаются гораздо более сложные и реалистичные модели СМО, не опирающиеся на упрощающие допущения о пуассоновском распределении потоков событий и др., учитывающие возможные приоритеты заявок и прочие реальные факторы.

Однако такие модели, во-первых, не допускают аналитического исследования и реализуются исключительно как имитационные модели на компьютере, что не позволяет наглядно выявить основные качественные закономерности. Во-вторых, они нацелены именно на выработку оптимальной программы функционирования реальных центров коллективного пользования.

Авторы в исследовании ставят иные задачи – приближенно оценить эффективность создания ЦКП и оснащения их объектами экспериментально-стендовой базы, выявить условия взаимовыгодного функционирования, обосновать общие требования к характеристикам объектов экспериментально-стендовой базы, способствующие наиболее эффективному их объединению в ЦКП. Для этого достаточно приближенных моделей простейших СМО. В то же время такие модели можно исследовать аналитически, проводя обширные параметрические расчеты в широком диапазоне исходных данных.

По своему составу, по временным и стоимостным характеристикам их создания и использования объекты экспериментально-стендовой и полигонной базы в авиационной промышленности и отраслевой науке чрезвычайно разнородны. Помимо собственно экспериментальных установок ведущих научных центров отрасли, таких как аэродинамические трубы, прочностные стенды Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ), Сибирского научно-исследовательского института авиации им. С.А. Чаплыгина (СибНИА) и др., к таким объектам относятся:

– экспериментальные аэродромы (такие, как аэродром ЛИИ им. М.М. Громова) и полигоны (в том числе предназначенные для испытаний вооружения, средств аварийного покидания и др., что связано с повышенной опасностью и требует отведения значительных территорий, свободных от населенных пунктов и хозяйственной деятельности);
– моторно-испытательные станции (МИС), причем как исследовательского назначения (такие как экспериментальные стенды Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова), так и предназначенные для заводских испытаний серийной продукции и расположенные на двигателестроительных предприятиях;
– летающие лаборатории, предназначенные как для фундаментальных исследований в реальных условиях полета, так и для испытаний опытных агрегатов, узлов, двигателей, авионики и др.

Для столь разнородных объектов на несколько порядков могут различаться:

– интервалы между заявками – от нескольких месяцев до десятилетий (если речь идет об испытаниях новой модели самолета или двигателя на испытательном аэродроме, полигоне, моторном стенде или летающей лаборатории);
– длительности обслуживания заявки, которые также могут составлять от нескольких рабочих дней до нескольких лет;
– стоимости содержания каналов (от сотен тысяч рублей в год для дорогостоящих приборов, суперкомпьютеров – и до миллиардов рублей в год для испытательных аэродромов).

Основное внимание в работе уделено неоднородности потоков заявок на экспериментальные НИР, а также требованиям потенциальных пользователей экспериментально-стендовой и полигонной базы. Центр коллективного пользования является формой кооперации участников для совместного

использования экспериментально-стендовой базы. Поэтому важными аспектами создания ЦКП (отмеченными и в других работах [4, 6, 15]) являются взаимовыгодный характер такого сотрудничества, экономическая заинтересованность каждого участника в кооперации. Только при этом возможно устойчивое функционирование ЦКП, поскольку сам принцип коллективного пользования объектами может вызывать конфликты между пользователями.

Экономико-математическая модель функционирования ЦКП экспериментально-стендовой базы авиационной промышленности и отраслевой науки

Объекты экспериментально-стендовой базы, как находящиеся в индивидуальном пользовании у потенциальных заказчиков, так и объединенные в центр коллективного пользования, можно представить в виде *многоканальных СМО с очередью* – в общем случае с ограниченным временем ожидания.

Пользователей экспериментально-стендовой базы обозначим индексами $i = 1,...,n$. В общем случае их потребности в использовании экспериментально-стендовой базы могут быть различными. Интенсивность потока заявок в год на проведение экспериментальных исследований, исходящих от i-го пользователя, обозначим через λ_i, $i = 1,...,n$. Также могут различаться характерные значения трудоемкости, стоимости и длительности выполнения экспериментальных НИР в интересах различных пользователей.

Обозначим характерную длительность выполнения НИР в интересах i-го пользователя τ_i (сут.), $i = 1,...,n$. Тогда можно вычислить и интенсивность потока обслуживания заявок: $\mu_i = \dfrac{365}{\tau_i}$, $i = 1,...,n$.

Если каждый из n пользователей в индивидуальном порядке содержит необходимые объекты экспериментально-стендовой базы, то они в общем случае образуют m_i-канальную СМО, $i = 1,...,n$. Число каналов подлежит оптимизации. С помощью хорошо известных математических моделей простейших (пуассоновских) СМО [13] можно оценить среднее время ожидания в очереди $T_i^{\text{ож}} = T_i^{\text{ож}}(m_i)$ и среднее время пребывания заявки в системе $T_i^{\text{сист}} = T_i^{\text{ож}} + \tau_i$, $i = 1,...,n$, сут.

Если задано максимально допустимое среднее время выполнения экспериментальных НИР для каждого пользователя $T_i^{\max}$ [4], остается подобрать минимально необходимое число каналов $m_i^{\text{необх}}$, обеспечивающее среднее время пребывания в системе, не превышающее заданного порога:

$$T_i^{\text{сист}}(m_i^{\text{необх}}) \le T_i^{\max},\ i = 1,...,n.$$

Соответственно, если среднегодовая стоимость владения одним каналом составляет для i-го пользователя c_i, его затраты на содержание собственной экспериментально-стендовой базы составят

$$C_i^{\text{соб}} = c_i m_i^{\text{необх}},\ i = 1,...n.$$

Если теперь рассматриваемой совокупности пользователей предлагается отказаться от создания и содержания собственной экспериментально-стендовой базы и организовать ЦКП, условия, при которых каждый участник согласится на такую кооперацию, можно сформулировать следующим образом.

Качество обслуживания, измеряемое ожидаемым временем выполнения экспериментальных НИР, не должно ухудшиться, т.е.

$$T_{\text{ЦКП}}^{\text{сист}} \le T_i^{\max},\ i = 1,...,n,\ \text{т.е.}\ T_{\text{ЦКП}}^{\text{сист}} \le \min_{i=1,...,n} T_i^{\max}.$$

Необходимо учитывать, что на общегосударственном уровне характеристики качества обслуживания в ЦКП (среднее время выполнения заявок на экспериментальные НИР и др.) оказывают непосредственное влияние на позиции национальной авиационной промышленности в глобальной временнóй конкуренции, поэтому их улучшение является одной из главных задач реорганизации российской авиационной науки, и в частности организации ЦКП экспериментально-стендовым оборудованием.

В то же время взнос каждого участника кооперации на содержание экспериментально-стендовой базы должен быть ниже его затрат на самостоятельное владение соответствующими объектами (и существенно ниже, чтобы это оправдало недостатки коллективного пользования, подробно рассмотренные далее), т.е.

$$C_i^{\text{взнос}} < C_i^{\text{соб}},\ i = 1,...,n.$$

В ЦКП придется создать такое количество каналов обслуживания $m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}$, чтобы удовлетворить условию: $T_{\text{ЦКП}}^{\text{сист}}(m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}) \le \min_{i=1,...,n} T_i^{\max}$. В то же время, вероятно,

[4] Этот порог также может различаться, и весьма существенно. Например, в сфере прикладных НИР и ОКР он может быть жестче, чем в сфере ориентированных на отрасль фундаментальных и поисковых НИР.

средняя стоимость содержания одного канала обслуживания в ЦКП возрастет по сравнению со стоимостью тех объектов экспериментально-стендовой базы, которые пользователи создавали и содержали самостоятельно: $c_{\text{ЦКП}} > c_i$, $i = 1,...,n$, или $c_{\text{ЦКП}} > \max\limits_{i=1,...,n} c_i$, поскольку объекты экспериментально-стендовой базы в ЦКП должны быть более универсальными, чем у любого из потенциальных пользователей, чтобы можно было проводить экспериментальные исследования в интересах любого из них.

Что касается средней длительности выполнения исследований, поскольку при более широкой номенклатуре НИР требуется в среднем больше времени на перенастройку экспериментально-стендового оборудования, она, вероятно, возрастет по сравнению со средневзвешенной (по частоте входящих заявок) длительностью обслуживания, т.е.

$$\tau_{\text{ЦКП}} > \overline{\tau} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} \lambda_i \tau_i}{\sum\limits_{i=1}^{n} \lambda_i}.$$

Разумеется, при создании ЦКП может быть принято решение о переходе к принципиально иным технологиям экспериментальных НИР и иным типам экспериментально-стендового оборудования – более универсальным и производительным, хотя и более дорогостоящим. То есть стоимость содержания канала возрастет, тогда как среднее время выполнения НИР может и сократиться.

Например, при значительном объеме заказов на продувку в аэродинамической трубе может быть создано автоматизированное производство моделей на станках с числовым программным управлением вместо их ручного изготовления, что существенно сократит длительность подготовки к проведению эксперимента. Такие решения нуждаются в расчетном обосновании, которое также можно провести с помощью предлагаемой модели.

Объединенный поток заявок, который предстоит обслуживать ЦКП, будет представлять собой сумму потоков заявок, генерируемых отдельными пользователями. Тогда его интенсивность (число заявок в год) будет выражаться следующей формулой:

$$\lambda_{\text{ЦКП}} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i.$$

Минимально необходимое для обеспечения требуемого качества обслуживания число каналов в ЦКП $m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}$ определяется однозначным образом из условия:

$$T_{\text{ЦКП}}^{\text{сист}}(m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}) \le \min_{i=1,...,n} T_i^{\max}.$$

На его основе можно определить и суммарную стоимость содержания ЦКП:

$$C_{\text{ЦКП}} = c_{\text{ЦКП}} m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}.$$

Эта стоимость должна покрываться взносами участников кооперации:

$$C_{\text{ЦКП}} = \sum_{i=1}^{n} C_i^{\text{взнос}}.$$

Однако особо подчеркнем, что взаимовыгодное распределение этой фиксированной суммы взносов между участниками (т.е. такое, чтобы для каждого из них выполнялось условие: $C_i^{\text{взнос}} < C_i^{\text{соб}}$, $i = 1,...,n$), удовлетворяющее условию покрытия затрат на содержание ЦКП, может быть и не единственным. Важно, чтобы множество дележей в этой игре было не пустым, т.е. чтобы потенциально сохранялись условия для взаимовыгодной кооперации. Необходимое для этого условие – сокращение суммарной стоимости содержания экспериментально-стендовой базы, т.е.

$$C_{\text{ЦКП}} < \sum_{i=1}^{n} C_i^{\text{соб}}.$$

Далее образующийся общий выигрыш может быть распределен между участниками кооперации различным образом, путем назначения ставок взносов $C_i^{\text{взнос}}$, $i = 1,...,n$. Например, общий выигрыш можно распределить пропорциональным образом, сократив на одинаковые доли δ затраты на содержание экспериментально-стендовой базы каждого участника кооперации, т.е.

$$C_i^{\text{взнос}} = (1-\delta) C_i^{\text{соб}},\ i = 1,...,n,$$

где $\delta = 1 - C_{\text{ЦКП}} \Big/ \sum\limits_{i=1}^{n} C_i^{\text{соб}}$.

Возможны и другие принципы перераспределения общего выигрыша. Основное внимание в дальнейшем анализе будет уделено именно условиям существования общего выигрыша потенциальных пользователей ЦКП.

Параметрический анализ условий взаимовыгодной организации ЦКП и оснащения их объектами экспериментально-стендовой базы авиационной промышленности и отраслевой науки

Прежде чем переходить к расчетам эффективности организации ЦКП в конкретных областях авиационной

отраслевой науки и техники, целесообразно провести параметрический анализ свойств предложенной экономико-математической модели ЦКП, чтобы выявить качественные особенности ее поведения и выработать качественные рекомендации по эффективной организации ЦКП в различных сферах.

Прежде всего можно выделить несколько параметров, которые и будут, наряду с использованными в модели временн*ы*ми и стоимостными параметрами содержания экспериментально-стендовой базы и проведения НИР, определять целесообразность кооперации между потенциальными пользователями ЦКП.

Как уже предполагалось, в этой модели ЦКП не допускается увеличение ожидаемого времени выполнения заказа на НИР, пусть даже ценой некоторой экономии средств на содержание экспериментально-стендовой базы. В принципе, некоторый «размен» между длительностью и стоимостью НИР возможен, и его оценке посвящен ряд работ (например, [5]).

Однако и в гражданском секторе, как правило, экономически обоснованный выбор делается скорее в пользу ускорения проведения НИОКР и вывода продукции на рынок, нежели в пользу экономии затрат на НИОКР. Тем более критичными могут быть временные ограничения в военном секторе авиационной промышленности. Поэтому предположим, что для каждого участника определено максимально допустимое для него среднее время исполнения заказа на НИР и при объединении в ЦКП ни один участник не согласится на ухудшение качества обслуживания, поэтому и для ЦКП однозначно определяется минимально необходимое число каналов.

«Свободными» параметрами, которые и определяют технологическую общность НИР для различных заказчиков, универсальность экспериментально-стендовой базы, ее гибкость и возможности перенастройки для очередного заказчика, в данной модели являются:

α – относительный прирост средней длительности обслуживания заявки на НИР в ЦКП $\tau_{\text{ЦКП}}$ относительно средневзвешенной (по частоте входящих заявок) длительности обслуживания $\overline{\tau}$: $\tau_{\text{ЦКП}} = \overline{\tau}(1+\alpha)$;

β – относительный прирост стоимости содержания канала ЦКП $c_{\text{ЦКП}}$ по сравнению с максимальной по всем потенциальным участникам стоимостью содержания канала $\max\limits_{i=1,\dots,n} c_i$: $c_{\text{ЦКП}} = (1+\beta)\max\limits_{i=1,\dots,n} c_i$.

Поскольку взаимовыгодное объединение потенциальных заказчиков экспериментальных НИР для совместного содержания ЦКП требует сокращения суммарных затрат на содержание экспериментально-стендовой базы при соблюдении всех индивидуальных требований к длительности выполнения заказа на НИР, целесообразно строить при нескольких значениях α зависимости $C_{\text{ЦКП}}(\beta)$.

На том же графике можно провести горизонтальную линию на уровне суммы стоимостей независимого содержания экспериментально-стендовой базы $\sum\limits_{i=1}^{n} C_i^{\text{соб}}$. Приемлемы те значения α и β, при которых $C_{\text{ЦКП}}(\alpha;\beta) < \sum\limits_{i=1}^{n} C_i^{\text{соб}}$.

Рассмотрим следующий условный пример. Пусть потенциальные пользователи оборудования ЦКП характеризуются временными и стоимостными параметрами (см. таблицу). Наряду с исходными данными приведены и результаты моделирования соответствующих СМО, прежде всего – минимально необходимые для обеспечения заданных средних сроков выполнения НИР количества каналов и вытекающие из них минимально возможные затраты на содержание собственной экспериментально-стендовой базы.

Параметры организаций – пользователей экспериментально-стендовой базы (исходный условный пример)

Показатель	Пользователь 1	Пользователь 2	Пользователь 3
Средний интервал между заявками, сут.	365	180	540
Интенсивность потока заявок λ_i, количество заявок в год	1	2,02	0,68
Среднее время обслуживания τ_i, сут.	30	60	90
Стоимость содержания канала c_i, ден. ед./год	2 000	5 000	3 000
Допустимое время исполнения НИР $T_i^{\max}$, сут.	60	120	180
Минимально необходимое число каналов $m_i^{\text{необх}}$	1	1	1
Стоимость содержания собственной экспериментально-стендовой базы $C_i^{\text{соб}}$, ден. ед./год	2 000	5 000	3 000

Эти временные параметры можно интерпретировать следующим образом. Потенциальный пользователь 1 проводит экспериментальные НИР сравнительно редко, в среднем один раз в год, причем они занимают в среднем один месяц. Приемлемая для него средняя продолжительность НИР (60 сут.) позволяет с большим запасом обойтись одним каналом, причем подавляющую долю времени он будет простаивать.

Второй пользователь экспериментального оборудования, напротив, проводит экспериментальные исследования чаще, один раз в полгода, а занимают они в среднем 2 мес. При этом, поскольку допустимое среднее время выполнения заявки на НИР составляет 120 сут., он также обходится одним каналом.

Еще дольше (в среднем три месяца) длятся эксперименты, проводимые третьей организацией, однако потребность в них возникает в среднем один раз в полтора года, и потому достаточно содержания одной экспериментальной установки.

При попытке объединения этих организаций как пользователей экспериментально-стендовой базы средний интервал между заявками составит $\frac{365}{\lambda_{\text{ЦКП}}} \approx 99$ сут., а средневзвешенное время выполнения одной заявки $\overline{\tau} \approx$ 57 сут. Причем необходимо обеспечить среднюю длительность исполнения НИР (с ожиданием) не более, чем необходимо наиболее требовательному участнику (в рассматриваемом случае это пользователь 1), т.е.

$$T_{\text{ЦКП}}^{\text{сист}}(m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}) \le \min_{i=1,\dots,n} T_i^{\max} = 60 \text{ сут.}$$

При таких исходных параметрах ЦКП должен содержать $(m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}})$ два канала, причем стоимость содержания каждого из них будет не менее 5 000 ден. ед./год, т.е. наибольшей стоимости содержания канала по всей совокупности потенциальных пользователей, поскольку универсальные каналы обслуживания ЦКП должны обеспечивать возможность проведения НИР для самого требовательного (к качественным характеристикам) потенциального пользователя.

Таким образом, даже если параметры α и β равны нулю, т.е. «платы за универсальность» и гибкость оборудования ЦКП нет, выигрыша от объединения участники не получат, поскольку $C_{\text{ЦКП}} = \sum_{i=1}^{n} C_i^{\text{соб}} =$ = 10 000 ден. ед./год. Если же параметры α и β будут отличны от нуля, то организация ЦКП станет заведомо не выгодной (такие ситуации наглядно иллюстрируются в работе [12]).

Иная ситуация имеет место, если пользователей, наподобие пользователя 1, станет несколько, например 4. Тогда средний интервал между заявками составит $\frac{365}{\lambda_{\text{ЦКП}}} \approx 54$ сут., а средневзвешенное время выполнения одной заявки $\overline{\tau} \approx 45$ сут. Причем необходимо обеспечить среднюю длительность исполнения НИР (с ожиданием) не более, чем необходимо наиболее требовательному участнику (в данном случае пользователю 1), т.е. $T_{\text{ЦКП}}^{\text{сист}}(m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}) \le \min_{i=1,\dots,n} T_i^{\max} = 60$ сут.

Как показывают расчеты, и при таких исходных параметрах ЦКП достаточно содержать $(m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}})$ 2 канала, причем стоимость содержания каждого из них будет не менее 5 000 ден. ед./год. Если параметры α и β равны нулю, $C_{\text{ЦКП}}$ = 10 000 ден. ед./год, тогда как при независимом содержании экспериментального оборудования все участники тратили $\sum_{i=1}^{n} C_i^{\text{соб}} = 16\,000$ ден. ед. / год. Образуется значительный выигрыш, который, впрочем, сокращается с ростом параметров α и β.

Рассчитанная в этом примере зависимость стоимости содержания ЦКП $C_{\text{ЦКП}}$ от параметра β, т.е. относительного прироста стоимости содержания канала ЦКП экспериментально-стендовым оборудованием, приведена на рис. 1.

Рассмотрены два диапазона значений коэффициента α, т.е. относительного прироста среднего времени выполнения НИР (относительно средневзвешенного по всем потенциальным пользователям): от 0 до 10% и от 10 до 27%.

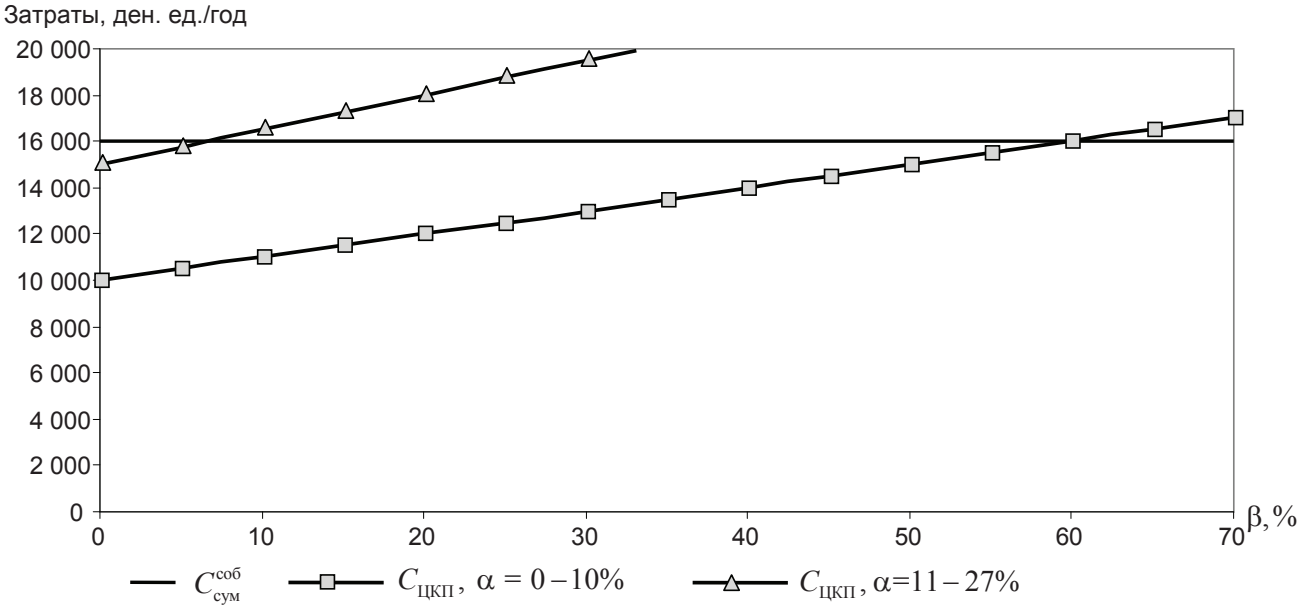
В этом примере при $\alpha = 0,\dots,10\%$ для обеспечения заданного качества выполнения заявок на экспериментальные НИР (т.е. для того чтобы среднее время выполнения заявки вместе с ожиданием не превышало 60 сут.) в ЦКП достаточно двух каналов, тогда как при $\alpha = 11,\dots,27\%$ – требуется уже три канала.

При бóльших значениях α минимально необходимое количество каналов составит четыре, и даже при β = 0 стоимость их содержания составит 20 000 ден. ед./год, т.е. организация ЦКП заведомо не эффективна.

Анализ данных рис. 1 свидетельствует, что при $\alpha = 11,\dots,27\%$ диапазон значений β, при которых $C_{\text{ЦКП}} < \sum_{i=1}^{n} C_i^{\text{соб}}$, т.е. организация ЦКП в принципе

Рисунок 1

Зависимость стоимости содержания экспериментально-стендовой базы (самостоятельной и в составе ЦКП) от относительного прироста длительности выполнения НИР и стоимости содержания канала в ЦКП (пример 1)



могла бы быть выгодной, очень узок, а поскольку на практике малый выигрыш в стоимости пользования экспериментально-стендовой базой скорее всего сделает организацию ЦКП не привлекательной для потенциальных пользователей (в силу подробно описанных далее недостатков коллективного владения), то практический интерес представляет только вариант при $\alpha = 0,...,10\%$. При нем в весьма широком диапазоне значений β достигается выигрыш в десятки процентов относительно стоимости самостоятельного содержания экспериментально-стендовой базы.

Разумеется, это лишь условный пример с условными значениями параметров, однако он верно отражает качественные эффекты, проявляющиеся в сфере организации ЦКП.

Как показывают проведенные параметрические расчеты, для обеспечения эффективности организации ЦКП объектами экспериментально-стендовой базы прежде всего критически важно обеспечить сравнительно небольшой прирост среднего времени выполнения экспериментов в интересах различных заказчиков по сравнению со средневзвешенным значением.

Этот прирост обусловлен прежде всего длительностью перенастройки экспериментального оборудования на выполнение экспериментов в интересах других заказчиков. Так, при исследованиях моделей в аэродинамических трубах, на прочностных стендах и испытательных машинах значительное время может занимать само по себе изготовление моделей.

Большое внимание уделяется автоматизации проектирования и производства аэродинамических, упругоподобных и др. моделей для трубных и стендовых экспериментов с применением современных цифровых технологий и автоматизированного производственного оборудования.

Другой пример перенастройки экспериментального оборудования для нужд новых заказчиков – это установка экспериментальных агрегатов на летающие лаборатории (ЛЛ). В свою очередь здесь наиболее характерен пример испытания авиадвигателей на летающих лабораториях на внешней подвеске, как правило, на пилоне вместо одного из штатных двигателей на многомоторных самолетах.

В рамках того же исходного примера рассмотрим иное изменение условий. Пусть теперь будет представлено четыре одинаковых участника, подобных пользователю 2. (пользователь 1 остается единственным). Как такой состав потенциальных пользователей повлияет на целесообразность организации ЦКП?

С одной стороны, очевидно, что именно эта категория заказчиков и будет в основном занимать оборудование

ЦКП. С другой стороны, все они будут вынуждены ориентироваться на наиболее жесткие требования по средней продолжительности выполнения заявки, а таковые предъявляет пользователь 1 (60 сут.)

Чтобы выполнить это требование, даже при $\alpha = 0$, придется содержать в ЦКП не менее пяти каналов, стоимость содержания которых составит 25 000 ден. ед./год, что равно суммарной стоимости независимого содержания экспериментально-стендовой базы всеми участниками проекта.

Если бы участники, подобные пользователю 2, ориентировались только на собственные требования, т.е. $T_{\text{ЦКП}}^{\text{сист}}(m_{\text{ЦКП}}^{\text{необх}}) \leq 120$ сут., им достаточно было бы трех каналов (и среднее время исполнения заявки на НИР с учетом ожидания не превышало бы 72 сут., т.е. запас был бы почти двукратным), и стоимость содержания ЦКП составила бы 15 000 ден. ед./год вместо 20 000 ден. ед./год, т.е. образовался бы 25%-ный выигрыш.

Однако они вынуждены ориентироваться на гораздо более жесткие требования к срокам выполнения НИР, установленные пользователем 1, хотя его удельный вес в общем потоке заявок на экспериментальные работы немногим более 10% по числу заявок и 5% по времени занятия каналов обслуживания.

Этот пример показывает еще одну важную качественную особенность. Центр коллективного пользования, в отличие от ряда примеров кооперации в прочих областях, отнюдь не всегда становится эффективнее с привлечением новых участников, и участники кооперации отнюдь не всегда заинтересованы в привлечении новых.

Причина в том, что новые участники привносят в проект не только дополнительные потоки заявок (что однозначно повышает эффективность использования любых СМО), но и новые требования. И если эти требования у новых, относительно немногочисленных, участников окажутся существенно жестче, чем у основной их массы (с учетом удельного веса в потоке заявок), вероятнее всего, это приведет к неоправданному, с точки зрения большинства участников, повышению мощностей ЦКП и, как следствие, – затрат на его содержание.

То же самое относится и к случаю, когда новый участник предъявляет существенно более высокие требования к сложности экспериментального оборудования, качеству проведения экспериментальных работ, что выражается в существенно более высокой стоимости содержания канала обслуживания. Далее, согласно принятым вполне логически оправданным допущениям, всем остальным участникам проекта придется ориентироваться на эту, существенно более высокую, стоимость содержания канала.

Таким образом, состав участников должен быть, по возможности, однородным, причем даже не столько по временным характеристикам потока заявок на экспериментальные НИР и длительности их выполнения, сколько по уровню требований к оперативности их выполнения, а также по характеристикам экспериментальных установок (и, как следствие, стоимости содержания каналов обслуживания). Именно относительно однородных по этим параметрам пользователей объектов экспериментально-стендовой и полигонной базы целесообразно группировать для создания ЦКП.

Разумеется, наибольший относительный выигрыш получается в том случае, если ЦКП организуют участники, каждый из которых предъявляет спрос на экспериментальные работы сравнительно редко. Вполне возможно, что даже содержание единственного канала обслуживания для отдельного пользователя было бы нецелесообразным.

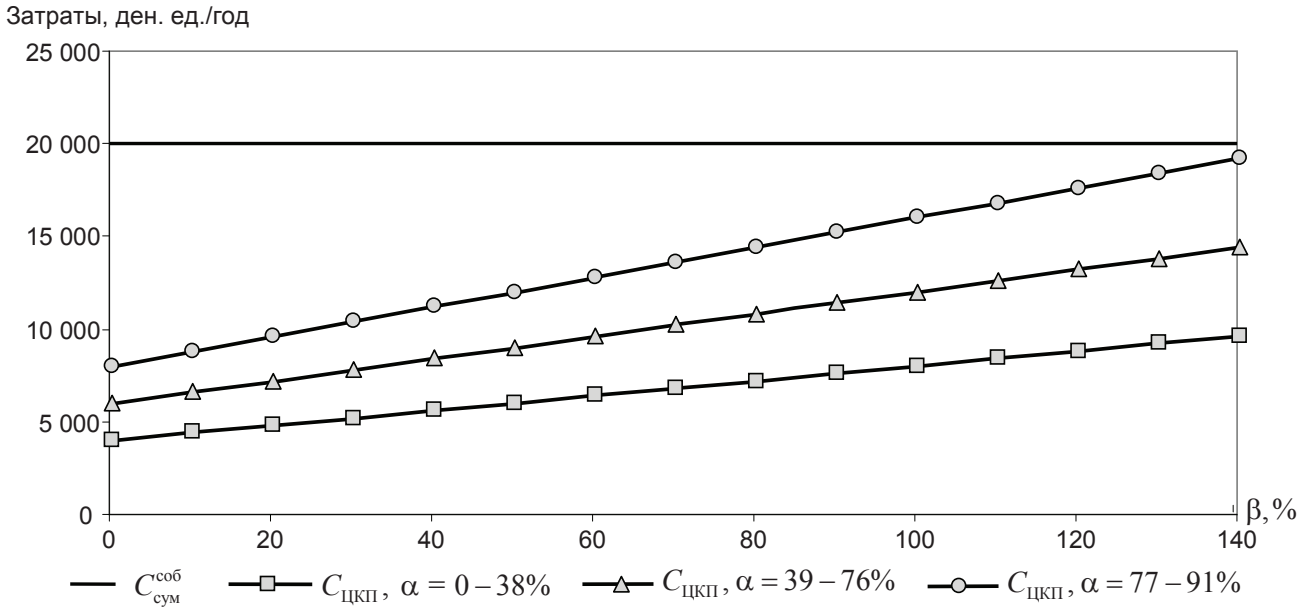
Поскольку многие объекты экспериментально-стендовой базы в авиационной промышленности и отраслевой науке являются чрезвычайно дорогостоящими, вполне возможно, что их самостоятельное приобретение и содержание категорически нецелесообразны или невозможны.

Центр коллективного пользования дает возможность нескольким потенциальным потребителям использовать дорогостоящие или даже уникальные экспериментальные установки, обеспечивая передовой уровень исследований, разработок и испытаний. В работах, посвященных экономике инновационного развития, организации прикладных и фундаментальных НИР в отраслевой науке [5], обоснованы целесообразность диверсификации направлений поиска, одновременная, по возможности, реализация нескольких высокорисковых исследований (какое-то из них, вероятно, приведет к успеху).

Разумеется, при попытке организовать такие исследования путем независимого создания и содержания экспериментально-стендовой базы, особенно в фондоемкой авиационной науке, такая диверсификация окажется либо неприемлемо дорогостоящей, либо вообще невозможной. Организация ЦКП – естественный и эффективный способ реализации диверсифицированного

Рисунок 2

Зависимость стоимости содержания экспериментально-стендовой базы (самостоятельной и в составе ЦКП) от относительного прироста длительности выполнения НИР и стоимости содержания канала в ЦКП (пример 2)



«портфеля» поисковых исследований, находящихся на начальных *уровнях готовности технологии* (подробнее см. [16]).

В рамках приведенного примера рассмотрим ситуацию, когда представлено 10 одинаковых пользователей экспериментально-стендовой базы, подобных пользователю 1. В этом случае суммарный поток заявок на экспериментальные работы $\lambda_{ЦКП}$ составит 10 заявок/год, а среднее время выполнения одной заявки, как и для отдельного пользователя, составит $\overline{\tau} = 30$ сут.

Моделирование работы СМО показывает, что уже два канала обеспечивают суммарное время пребывания заявки в системе $T_{ЦКП}^{сист} = 36$ сут., т.е. требования заказчиков к оперативности выполнения работ выполняются почти с двукратным запасом. Таким образом, при α и β, равных нулю, ЦКП потребует затрат в размере $C_{ЦКП} = 4\,000$ ден. ед./год, тогда как при независимом содержании экспериментального оборудования все участники тратили бы $\sum_{i=1}^{n} C_i^{соб} =$ = 20 000 ден. ед./год. При столь значительном выигрыше допустимы и относительно высокие значения приростов длительности исполнения заявок и стоимости содержания каналов.

Зависимости стоимости содержания ЦКП $C_{ЦКП}$ от параметра β при нескольких диапазонах значений параметра α (соответствующих теперь минимально необходимым количествам каналов обслуживания в ЦКП $m_{ЦКП}^{необх}$, равным 2, 3 и 4), приведены на рис. 2. Интерпретация графиков аналогична, как и для рис. 1, только теперь, во-первых, становится допустимым почти двукратный прирост среднего времени выполнения эксперимента, и даже при двукратном относительном приросте стоимости содержания канала выигрыш остается существенным – порядка 20%.

Обоснование основных направлений эффективной организации ЦКП и оснащения их объектами экспериментально-стендовой базы авиационной промышленности и отраслевой науки

Таким образом, можно сформулировать основные принципы эффективной организации ЦКП.

Во-первых, следует группировать потенциальных пользователей, приблизительно однородных по уровню требований к содержанию экспериментальных работ (условиям эксперимента, номенклатуре и детальности измерений), качеству (точности, достоверности) и оперативности (т.е. допустимому среднему времени исполнения заявки на экспериментальные работы, включая собственно эксперимент и ожидание в очереди). Резкие «выбросы» из общей массы потенциальных пользователей в сторону ужесточения требований могут привести к избыточности экспериментально-стендовой базы в

качественном и (или) количественном отношениях и, как следствие, к неэффективности ЦКП.

При этом количество потенциальных пользователей в однородных пулах целесообразно увеличивать для повышения загрузки оборудования и эффективности его использования. Как свидетельствует анализ реального опыта организации и функционирования ЦКП с дорогостоящим научным и опытно-промышленным оборудованием в технопарках, созданных при ведущих российских университетах[5], реально коллективного пользования пока еще не достигнуто.

В среднем по обследованной совокупности ЦКП по заявкам его владельца (т.е. того университета, при котором создан технопарк) выполнялось около 75% работ, тогда как по внешним заказам – лишь 25%. Фактически внешние заказчики лишь незначительно участвовали в софинансировании работы ЦКП. При этом наблюдается положительная обратная связь: малочисленность пользователей, естественно, делает работу ЦКП малоэффективной, а рентабельный уровень взносов – высоким. Это отталкивает потенциальных пользователей, чей вход в пул клиентов ЦКП позволил бы сократить тарифы на пользование оборудованием и т.п.

Помимо организационных проблем привлечения внешних пользователей в ЦКП, таких как дефицит информации, транзакционные издержки согласования требований и спецификаций, есть и объективные технико-экономические проблемы.

Иногда расширение портфеля заказов ЦКП, диверсификация спектра экспериментальных исследований, особенно межотраслевая, требуют значительной модификации оборудования и методики эксперимента, т.е., в терминах построенной модели, значительно повышает относительные приросты среднего времени проведения эксперимента и средней стоимости содержания канала.

Оправданно ли это – следует оценивать с помощью экономико-математических или компьютерных имитационных моделей ЦКП, наподобие модели, построенной авторами, или разработанных в исследованиях [9–11]. Можно отметить, что межотраслевая диверсификация экспериментальных работ в авиационной науке в настоящее время наблюдается. Например, в аэродинамических трубах ЦАГИ выполнялись продувки моделей автомобилей, поездов и судов[6]; на прочностных испытательных установках испытывались узлы железнодорожного подвижного состава и путевого хозяйства, строительных конструкций и др. [17].

Во-вторых, требования к характеристикам перспективного научного оборудования должны быть обоснованы, в том числе и с учетом возможностей его использования в ЦКП, что позволит повысить его универсальность и гибкость, упростить и ускорить перенастройку для проведения экспериментальных работ в интересах новых пользователей.

В силу многообразия экспериментально-стендового оборудования невозможно привести полный обзор конкретных технологических решений, нацеленных на выполнение этого требования. Можно лишь отметить, что переход информационно-измерительных систем с аналоговой основы на цифровую существенно способствует выполнению описанного требования.

Сбор и обработка данных эксперимента, управление его протеканием теперь могут быть модифицированы на программном уровне, а не на аппаратном, что многократно ускоряет подготовку очередных экспериментов. Вполне возможно, что повышение гибкости экспериментально-стендового оборудования приведет к некоторому его удорожанию и повышению длительности проведения экспериментальных работ, которые неоправданны при однородном потоке заявок, но в рамках ЦКП такие изменения будут эффективными. Принять обоснованное проектное решение также поможет моделирование в рамках описанного здесь подхода.

В-третьих, вполне возможно, что эффективная организация ЦКП в российской авиационной науке и промышленности потребует стратегических организационных решений, касающихся структуры отраслевой науки и промышленности.

Можно отметить, что простейшие модели СМО, которые традиционно используются при описании работы ЦКП, основаны на гипотезе простейших, так называемых пуассоновских, потоков событий [13]. Это именно случайные стационарные потоки, т.е. предполагается, что с некоторой средней периодичностью потенциальные клиенты ЦКП подают заявки на проведение экспериментальных работ, причем независимо друг от друга, что и

[5] *Маннапов А.Р.* Анализ основных функциональных ролей организаций инновационной экономики // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 27. С. 12–17.

[6] При этом головной научный центр судостроительной промышленности (Крыловский государственный научный центр, URL: http://krylov-center.ru) располагает аэродинамическими трубами, а ЦАГИ располагает гидроканалами и бассейнами.

позволяет, объединяя эти потоки заявок, повышать загрузку каналов без ухудшения оперативности их выполнения.

Однако в реальности нередко потоки заявок на проведение экспериментальных НИР не случайны, и по крайней мере могут быть сильно коррелированы у разных пользователей. То есть в отдельные периоды практически все потенциальные пользователи с высокой вероятностью не будут проводить экспериментальных НИР, а в некоторые периоды они пожелают использовать объекты экспериментально-стендовой базы почти одновременно.

Это весьма вероятно в случае разработки очередного поколения авиационной техники несколькими конкурирующими фирмами. В таком случае неизбежен конфликт между пользователями ЦКП, поскольку преимущественное право проведения исследований дает лидеру выигрыш во временнóй конкуренции, чрезвычайно важной на рынках наукоемкой продукции.

Увеличение числа каналов обслуживания в расчете на такое одновременное проведение НИР и ОКР обесценивает саму идею организации ЦКП. Поэтому описанный конфликт может быть разрешен двумя путями.

1. Возможна кооперация будущих конкурентов (тем более что здесь идет речь о компаниях, принадлежащих к российской авиационной промышленности) на доконкурентных стадиях жизненного цикла изделия. Однако, как показано, например в работе [5], нередко конкурирующие производители авиационной техники не будут заинтересованы в такой кооперации, даже если она позволяет достичь существенной экономии времени и средств. Причина в том, что при независимом проведении НИР отдельный игрок имеет хотя бы шанс оказаться лидером и получить преимущество в сроках выхода на рынок, тогда как при совместном проведении НИР он такого шанса не имеет, и с самого начала периода производства и продаж будет вынужден делить рынок с конкурентами.
2. Возможно централизованное определение очередности, приоритетов в использовании объектов экспериментально-стендовой базы, а также сглаживание описанных пиковых потребностей путем планирования жизненных циклов изделий различных производителей и в различных классах. Такие решения проводятся в том числе в США (и не только в военном секторе, на уровне министерства обороны и его заказывающих управлений, но отчасти и в гражданском секторе), т.е. в стране с рыночной экономикой и формально частной авиационной промышленностью. Однако в российских условиях такие элементы централизованного планирования пока лишь вводятся на уровень отдельных интегрированных структур.

В исследовании в основном рассматривались проблемы стратегического управления использованием экспериментально-стендовой базы, т.е. оптимизации количества и характеристик каналов обслуживания. В то же время не меньшее значение для обеспечения высокой эффективности ЦКП имеет и качество тактического управления, т.е. управления непосредственно процессом выполнения заказов на экспериментальные НИР.

Может быть актуальной оптимизация самого процесса проведения исследований, например путем параллельного проведения исследований в интересах сразу нескольких заказчиков в рамках одного эксперимента. Такой подход активно практикуется в дорогостоящих экспериментах как в фундаментальной, так и в прикладной авиационной науке.

Однако здесь возникает дилемма: ожидать ли заказчику «пакетной» обработки его заявки вместе с некоторыми другими заказчиками либо настаивать на персональном выполнении его заявки, что однозначно дороже, однако необязательно эффективнее с временной точки зрения.

Принять обоснованное решение помогут представленные модели, построенные в рамках простейшей теории массового обслуживания. Также может быть актуальной оптимизация дисциплины обслуживания, приоритетов в очереди. Как правило, такие задачи уже не решаются в рамках простейших моделей СМО и требуют имитационного компьютерного моделирования [9–11].

Кроме того, за рамками исследования остались институциональные аспекты создания и функционирования ЦКП. Прежде всего контроль какой-либо научной группой за дефицитными объектами научно-экспериментальной базы (а поручить ее обслуживание и управление ЦКП полностью независимому органу, не относящемуся к науке и не имеющему в ней специфических интересов, не всегда возможно) открывает возможности поиска ренты, в том числе и научной.

Заключение

Оснащение центров коллективного пользования экспериментально-стендовым оборудованием является эффективным способом обеспечения доступа к дорогостоящему или уникальному оборудованию для малых и средних инновационных фирм и исследовательских коллективов в условиях дефицита денежных средств или даже уникальности объектов экспериментально-стендовой базы. Эффективное оснащение центра коллективного пользования экспериментально-стендовым оборудованием в российской авиационной промышленности и отраслевой науке возможна при выполнении следующих условий:

– при наличии нескольких потенциальных пользователей, относительно однородных по требованиям к характеристикам экспериментально-стендового оборудования (в части состава и точности измерений, условий эксперимента) и к средней длительности выполнения заявок на НИОКР;
– при обеспечении гибкости и универсальности самого оборудования и технологий, в том числе малого времени на перенастройку для выполнения НИР в интересах очередного заказчика.

Если относительный прирост средней длительности выполнения НИР в центре коллективного пользования относительно средневзвешенной (по частоте входящих заявок) длительности обслуживания не превышает 10–20%, то допустимый относительный прирост стоимости содержания универсального экспериментально-стендового оборудования (по сравнению со специализированным, которое приобретал бы каждый пользователь в индивидуальном порядке) может достигать 50% и более.

Требования к технико-экономическим характеристикам объектов экспериментально-стендовой базы, в том числе к показателям гибкости, целесообразно учитывать уже на стадии проектирования экспериментально-стендового оборудования в интересах авиационной промышленности и отраслевой науки.

Список литературы

1. *Бюшгенс Г.С., Бедржицкий Е.Л.* ЦАГИ – центр авиационной науки. М.: Наука, 1993. 272 с.
2. ЦАГИ – основные этапы научной деятельности, 1968–1993 / под ред. академика РАН Г.С. Бюшгенса. М.: Наука, Физматлит, 1996. 576 с.
3. *Schulman D.S., Harmer M.J., Dunleavy J.R., Lusk J.S.* Shared Services: Adding Value to the Business Units. NY: Prentice Hall, 1999. 320 p.
4. *Janssen M., Joha A.* Motives for Establishing Shared Service Centers in Public Administrations // International Journal of Information Management. 2006. № 26. P. 102–116.
5. *Клочков В.В.* Управление инновационным развитием наукоемкой промышленности: модели и решения. М.: ИПУ РАН, 2010. 168 с.
6. Shared services handbook / P. Moller, J. Golden, H. Walkingshaw. London: Deloitte MCS Limited, 2011. 91 p.
7. *Repenning A., Ioannidou A., Dättwyler C., Luhn L., Repenning N., Mr. Vetro.* Assessing a Collective Simulation Framework // Journal of Interactive & Learning Research, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). 2010. № 21.
8. *Клеев И.В.* Экономическое обоснование совершенствования производственных процессов при разработке авиационной техники: (на примере проведения аэродинамического эксперимента) // Организатор производства. 2008. № 3. С. 62–65.
9. *Олишевский Д.П.* Оптимизация структуры услуг сетевого центра коллективного пользования научным оборудованием // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2006. № 2. С. 216.
10. *Олишевский Д.П.* Моделирование системы управления очередями заявок при оказании наукоемких услуг центром коллективного пользования // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 2. С. 165–170.
11. *Олишевский Д.П., Сербиновский Б.Ю.* Моделирование и анализ организации и управления центром коллективного пользования. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2009. 134 с.

12. *Wang H.* Performance Analysis for Shared Services // Communications of the IIMA. 2007. Vol. 7. Iss. 2. P. 61–67.
13. *Таха Х.* Введение в исследование операций. М.: Вильямс, 2001. 912 с.
14. *Hal R.W.* Queuing Methods for Service and Manufacturing. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1990.
15. *Bergeron B.* Essentials of shared services. Hoboken, NY: Wiley, 2003. 272 p.
16. *Clausing D., Holmes M.* Technology Readiness. Research Technology Management, 2010. Vol. 53. Iss. 4. P. 52–59.
17. *Дмитриев В.Г., Бюшгенс Г.С.* О работах ЦАГИ. 1970–2000 годы и перспективы. Жуковский: ЦАГИ, 2001. 112 с.

ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Innovation and Investment

SHARED SERVICES CENTERS IN APPLIED AVIATION SCIENCE: EFFICIENCY AND AREAS OF DEVELOPMENT

Vladislav V. KLOCHKOV[a,*], Natal'ya V. CHERNER[b]

[a] Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
vlad_klochkov@mail.ru

[b] Moscow Aviation Institute – National Research University, Moscow, Russian Federation
cherner@mail.ru

[*] Corresponding author

Article history:
Received 20 August 2015
Accepted 19 October 2015

JEL classification: L52, L64, O33

Keywords: aviation science, shared services centers, theory of mass service, non-homogeneity, efficiency

Abstract

Importance The article discusses how expensive and unique sites of the experimental, bench and polygon base may organize shared services centers on mutually beneficial terms in aviation and related sectors.

Objectives The research devises economic and mathematical models to effectively set up shared services centers and determines conditions for a mutually beneficial effect.

Methods The proposed economic and mathematical models rely upon the classical theory of mass service. Facilities of the experimental, testing and polygon base are presented as the Poisson process of mass service with an unbounded queue. The research determines the minimum number of service channels needed to satisfy the most exacting users in terms of the average application processing time for R&D.

Results We found the limits of relative increment in the cost of equipment and the average R&D time. The research reviews several typical distributions of would-be users per intensity of applications, complexity of experimental R&D and requirements to their performance time.

Conclusions and Relevance The proposed models can be useful to approximately assess whether shared service centers will be effective. They can be used to provide economic rationale for setting up shared services centers and selecting a number of service channels, substantiating requirements to research equipment and R&D methods.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Humanities, project No. 14-02-00155a.

References

1. Byushgens G.S., Bedrzhitskii E.L. *TsAGI – tsentr aviatsionnoi nauki* [Central Aerohydrodynamic Institute is the center of aviation science]. Moscow, Nauka Publ., 1993, 272 p.
2. *TsAGI – osnovnye etapy nauchnoi deyatel'nosti, 1968–1993* [Central Aerohydrodynamic Institute and the milestones of scientific activity, 1968–1993]. Moscow, Nauka, Fizmatlit Publ., 1996, 576 p.
3. Schulman D.S., Harmer M.J., Dunleavy J.R., Lusk J.S. Shared Services: Adding Value to the Business Units. New York, Prentice Hall, 1999, 320 p.
4. Janssen M., Joha A. Motives for Establishing Shared Service Centers in Public Administrations. *International Journal of Information Management*, 2006, vol. 26, iss. 2, pp. 102–116.
5. Klochkov V.V. *Upravlenie innovatsionnym razvitiem naukoemkoi promyshlennosti: modeli i resheniya* [Managing the innovative development of the science-intensive industry: models and solutions]. Moscow, Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences Publ., 2010, 168 p.
6. Moller P., Golden J., Walkingshaw H. Shared Services Handbook. Hit the Road. London, Deloitte MCS Limited, 2011, 91 p.

7. Repenning A., Ioannidou A., Dättwyler C., Luhn L., Repenning N. Mr. Vetro: Assessing a Collective Simulation Framework. *Journal of Interactive & Learning Research*, 2010, vol. 21, iss. 3.

8. Kleev I.V. Ekonomicheskoe obosnovanie sovershenstvovaniya proizvodstvennykh protsessov pri razrabotke aviatsionnoi tekhniki: (na primere provedeniya aerodinamicheskogo eksperimenta) [Economic rationale for improving production processes in designing aviation equipment (evidence from the aerodynamic experiment)]. *Organizator proizvodstva. Teoreticheskii i nauchno-prakticheskii zhurnal = Organizer of Production, Theoretical and Scientific-Practical Journal*, 2008, no. 3, pp. 62–65.

9. Olishevskii D.P. Optimizatsiya struktury uslug setevogo tsentra kollektivnogo pol'zovaniya nauchnym oborudovaniem [Optimizing the structure of network center's services for shared use of research equipment]. *Gumanitarnye i sotsial'no-ekonomicheskie nauki = Humanities and Social-Economic Sciences*, 2006, no. 2, p. 216.

10. Olishevskii D.P. Modelirovanie sistemy upravleniya ocheredyami zayavok pri okazanii naukoemkikh uslug tsentrom kollektivnogo pol'zovaniya [Modeling of the service request management system of rendering of the knowledge-intensive services by center for multiple access]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki = IZVESTIYA SFedU. ENGINEERING SCIENCES*, 2009, no. 2, pp. 165–170.

11. Olishevskii D.P., Serbinovskii B.Yu. *Modelirovanie i analiz organizatsii i upravleniya tsentrom kollektivnogo pol'zovaniya* [Modeling and analyzing the organization and management of the shared service center]. Novocherkassk, South Russian State Technical University Publ., 2009, 134 p.

12. Wang H. Performance Analysis for Shared Services. *Communications of the IIMA*, 2007, vol. 7, iss. 2, pp. 61–67.

13. Taha H. *Vvedenie v issledovanie operatsii* [Operations Research: An Introduction]. Moscow, Vil'yams Publ., 2001, 912 p.

14. Hal R.W. Queuing Methods for Service and Manufacturing. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1990.

15. Bergeron B. Essentials of Shared Services. Hoboken, NY, Wiley, 2003, 272 p.

16. Clausing D., Holmes M. Technology Readiness. *Research Technology Management*, 2010, vol. 53, iss. 4, pp. 52–59.

17. Dmitriev V.G., Byushgens G.S. *O rabotakh TsAGI. 1970–2000 gody i perspektivy* [On Central Aerohydrodynamic Institute Research. The 1970–2000 period and prospects]. Zhukovsky, Central Aerohydrodynamic Institute Publ., 2001, 112 p.