

### 3.3. АУДИТ И МОНИТОРИНГ ЦЕНТРОВ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАУЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ: ПРИНЦИПЫ И КРИТЕРИИ

Клочков В.В., д.э.н., в.н.с., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва; директор департамента, Национальный исследовательский центр «Институт им. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский; Чернер Н.В., к.э.н., доцент, кафедра производственного менеджмента, Московский авиационный институт, г. Москва

#### Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ

С помощью экономико-математических моделей обоснованы критерии эффективности создания и функционирования центров коллективного пользования научным оборудованием. Работа центра коллективного пользования рассматривается как в детерминированной, так и в стохастической постановке. Особое внимание уделяется взаимовыгодным условиям функционирования центра для организации-владельца и для внешних клиентов.

#### ВВЕДЕНИЕ

Формирование и развитие центров коллективного пользования (ЦКП) – одно из главных направлений развития научной инфраструктуры в мире и в современной Российской Федерации. Приоритетность создания ЦКП научным оборудованием подчеркнута в Стратегии научно-технологического развития РФ на долгосрочный период, утвержденной Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642. Значительное внимание уделяется эффективности проектов создания ЦКП и эффективности их функционирования.

Так, в рамках мероприятия по реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 гг.» предусмотрено, в частности, мероприятие 3.1.2. «Поддержка и развитие центров коллективного пользования научным оборудованием». Оно предусматривает государственную поддержку развития ЦКП, причем одним из главных требований к организациям – участникам данной программы является загрузка ЦКП в интересах третьих лиц более 50% от общей загрузки, из которых не менее 10% приходится на внерегиональных пользователей.

В свою очередь в результате реализации данного мероприятия предполагается довести загрузку оборудования ЦКП в интересах третьих лиц до уровня не менее 80% от общей загрузки оборудования ЦКП, из которых не менее 20% приходится на внерегиональных пользователей. Также ожидается, что не менее 15% времени работы оборудования ЦКП будет предоставлено на безвозмездной основе или по сниженным тарифам для обеспечения выполнения работ и услуг в рамках государственного задания научных и образовательных организаций, являющихся третьими лицами по отношению к базовой организации ЦКП. Эти и подобные целевые ориентиры нуждаются, на наш взгляд, в научном анализе обоснованности и целесообразности.

Основная цель формирования ЦКП объектами экспериментальной базы состоит в решении задач обеспечения российской науки и высокотехнологичной промышленности современной экспериментальной, стендовой и полигонной базами в условиях жестких временных и ресурсных ограничений. В связи с этим аудит проектов создания и мониторинг работы ЦКП должен быть направлен прежде всего на контроль достижения данной цели. Проблемы аудита про-

ектов создания и мониторинга работы ЦКП состоят в выработке критериев, которые целесообразно контролировать для принятия обоснованных решений о создании и развитии этих структур. С одной стороны, их формирование призвано обеспечить эффективную загрузку научного или испытательного оборудования, которая иначе не обеспечивалась бы при его рассредоточении по отдельным пользователям. С другой стороны, формирование ЦКП позволяет обеспечить эффективную загрузку, в том числе и гораздо более производительного оборудования, чем то, что использовалось отдельными пользователями. И при этом, в принципе, коэффициент его загрузки может даже сократиться по отношению к первоначальному – однако это не будет означать априорной неэффективности таких решений.

Проблема оценки эффективности применения нового оборудования и технологий актуальна даже безотносительно к его концентрации в ЦКП, поскольку нередко при внедрении нового оборудования сокращается коэффициент загрузки – но снижаются все прочие составляющие затрат, в том числе и более весомые. Таким образом, помимо контроля коэффициента загрузки, необходим поиск других информативных показателей, которые могли бы использоваться при мониторинге функционирования ЦКП, адекватно отражая, во-первых, текущую эффективность процесса функционирования и, во-вторых, задавая обоснованные направления развития ЦКП и экспериментальной базы прикладной науки в целом.

Как показывает научный анализ, проведенный в работах [1, 3], строго говоря, не всегда формирование ЦКП будет целесообразным и взаимовыгодным для всех участников – оператора ЦКП и внешних пользователей (особенно в случае сильной неоднородности потока заявок и / или требований к качеству их обслуживания). Необходимо определить условия, в которых функционирование таких структур будет эффективным, и нацелить мониторинг на их выявление. Поскольку в промышленности и прикладной науке экспериментальная база используется, в том числе для подтверждения соответствия, сертификации продукции, могут возникать сильные стимулы к содержанию каждой организацией подконтрольной ей экспериментальной базы в ущерб объективности испытаний. Таким образом, формирование независимых ЦКП само по себе является средством повышения объективности исследований и испытаний и, в конечном счете, реализации государственных интересов в сфере авиационной науки. С учетом этих соображений перевод исследований и испытаний в ЦКП (отделенные институционально как от корпораций промышленности, так и от научных организаций) может быть самостоятельным требованием, ограничением, которое должно быть выполнено – по возможности, при минимальных затратах ресурсов.

Несмотря на традиционный при моделировании работы ЦКП и оценке их эффективности акцент на объединении систем массового обслуживания (СМО, см. [4, 5]), потоков обслуживаемых заявок и т.п., можно полагать, что, в основном, рассматриваемые объекты являются уникальными, и рассматривать объединение нескольких многоканальных СМО в данном случае неактуально. Чаще имеет место неэффективное распыление ресурсов в случаях дублирования дорогостоящих или даже уникальных объектов экспериментальной, стендовой или полигонной базы – как правило, на предприятиях промышленности, наряду с организациями отраслевой науки. Поскольку источником средств на создание и поддержание этих объектов, как правило, является государственный бюджет, имеет место неэффективное расходование ресурсов, и необходимо выявить экономические стимулы, побуждающие предприятия к подобному поведению, чтобы, в конечном счете, исключить такое неэффективное расходование ресурсов. Соответственно, мониторинг должен быть нацелен на выявление рисков усиления таких стимулов и их упреждение.

Основным объектом применения разработанных здесь методов и моделей является авиационная промышлен-

ность и, соответственно, авиационная прикладная наука. При этом основные методические результаты данного исследования могут без ограничения общности быть адаптированы и для других отраслей высокотехнологичной промышленности и областей прикладной науки, а ряд качественных выводов справедлив и для фундаментальной науки, в которой организация ЦКП также актуальна.

### Анализ факторов, определяющих эффективность функционирования ЦКП объектами экспериментальной базы в прикладной науке

В ряде областей контролируется доля работ в отрасли, выполняемых в ЦКП, т.е. мониторинг нацелен на тотальный перевод определенных видов деятельности в эти структуры. В то же время, как отмечено выше, последнее ни в коем случае не должно становиться самоцелью.

В ряде областей для центров коллективного пользования объектами экспериментальной базы вводится показатель доли работ, выполняемых по внешним заказам. В большинстве российских ЦКП научным оборудованием этот показатель до сих пор низок (15-30%). Однако само по себе это не является показателем неэффективности коллективного доступа к объекту. Более того, вполне возможно, что даже относительно малая доля внешних заказов может обеспечивать необходимый объем ресурсов для поддержания объекта. Так, возможно, что ЦКП научным оборудованием обслуживает, главным образом, потребности вуза или научной организации, но даже относительно малая доля внешних заказов, выполняемых по отношению высоким расценкам, позволяет содержать соответствующие объекты экспериментальной, стендовой или полигонной баз, а также, возможно, покрывать затраты на проведение собственных экспериментальных исследований оператора ЦКП. Заметим, что такая ситуация в большей степени характерна именно для ЦКП научным оборудованием, чем для ЦС в сфере промышленного производства.

Предположим, что одна типовая экспериментальная работа, выполняемая на научном оборудовании данного типа, требует в среднем времени  $\tau$  суток, тогда как календарный фонд времени составляет в течение года  $S$  суток. Если отдельный пользователь оборудования данного типа нуждается, в среднем, в  $q$  работах данного типа в год, тогда коэффициент загрузки научного оборудования, если бы им владел лишь данный представительный пользователь, составлял бы:

$$k = \frac{q \times \tau}{S}$$

Внешние заказчики, у которых потребности в использовании соответствующих объектов экспериментальной базы возникают редко, в принципе, могут сохранять экономическую заинтересованность в пользовании услугами ЦКП даже при относительно высоких расценках на эти услуги, многократно превышающих стоимость текущего содержания соответствующих объектов. Можно количественно оценить пороговый уровень расценок, при котором такая заинтересованность сохраняется.

Пусть величина прямых издержек собственно на выполнение работы (экспериментов, испытаний и т.п.) составляет  $c$ , денежных единиц на единицу работ. Обозначим  $F$  балансовую стоимость объекта экспериментальной базы, а  $T$  – нормативный срок его службы. Тогда, если бы данный пользователь приобретал такой объект самостоятельно и владел им, фактическая сумма затрат на проведение  $q$  экспериментальных работ в течение года составляла бы  $TC(q) = q \times c + \frac{F}{T}$  денежных единиц в год.

Соответственно, средние затраты на одну типовую работу составляли бы  $AC(q) = c + \frac{F}{q \times T} = c + \frac{F \times \tau}{k \times S \times T}$  денежных единиц за единицу работ (исследований, испытаний и т.п.).

Если коэффициент загрузки данного вида оборудования у отдельного пользователя составлял  $k < 1$ , тогда потенциальному пользователю ЦКП выгодно пользоваться его услугами при условии:

$$p < p_{max} = c + \frac{F \times \tau}{k \times S \times T},$$

где  $p$  – цена услуг ЦКП (в расчете на одну типовую работу).

В реальности цена должна быть существенно ниже данного порога, чтобы экономия оправдывала целый ряд дополнительных проблем и рисков, сопряженных с коллективным использованием объекта экспериментальной базы. В то же время при  $k \ll 1$  вполне возможно, что приемлемая для пользователей цена многократно превышает как стоимость владения оборудованием за время выполнения работы, равную  $\frac{F \times \tau}{S \times T}$ , так и прямые издержки

$c$  (даже если последние преобладают в структуре себестоимости при загрузке, близкой к полной).

Если имеется  $n$  однородных пользователей экспериментальной базы, размещенной в ЦКП, возможная выручка составит:

$$R = n \times p \times q,$$

тогда как суммарные затраты оператора ЦКП на выполнение их заказов и владение оборудованием составят:

$$TC_{внеш} = n \times c \times q + \frac{F}{T}.$$

Данная совокупность пользователей обеспечит следующую совокупную загрузку оборудования:

$$k_{внеш} = n \times k.$$

Разумеется, должно выполняться условие:

$$k_{внеш} \leq 1.$$

В то же время следует учитывать и собственные потребности владельца ЦКП в использовании объектов экспериментальной базы. Пусть они состав-

ляют  $q_{\text{соб}}$  соответствующих работ в год, что соответствует коэффициенту загрузки  $k_{\text{соб}} = \frac{q_{\text{соб}} \times \tau}{S}$ .

Отсюда максимально возможное количество внешних клиентов составит:

$$n_{\text{max}} = \frac{1 - k_{\text{соб}}}{k}.$$

Поскольку цена услуг ЦКП ограничена сверху неравенством  $p < p_{\text{max}}$ , максимально возможная выручка ЦКП от обслуживания  $n$  внешних клиентов ограничена сверху следующим образом:

$$R(n) < n \times p_{\text{max}} \times q = n \times \left( c + \frac{F \times \tau}{k \times S \times T} \right) \times q.$$

Найдем условия, при которых выручка от внешних клиентов будет покрывать полные затраты владельца ЦКП на выполнение собственных экспериментов, на исполнение внешних заказов и на владение оборудованием:

$$R(n) > TC_{\Sigma} = (n \times q + q_{\text{соб}}) \times c + \frac{F}{T}.$$

Таким образом, должно выполняться следующее неравенство:

$$n \times \left( c + \frac{F}{q \times T} \right) \times q > (n \times q + q_{\text{соб}}) \times c + \frac{F}{T},$$

$$\text{или } (n - 1) \times \frac{F}{T} > q_{\text{соб}} \times c = \frac{k_{\text{соб}} \times S}{\tau} \times c.$$

Выразим число внешних пользователей через создаваемый ими суммарный коэффициент загрузки экспериментальной базы  $k_{\text{внеш}}$ :

$$n = \frac{k_{\text{внеш}}}{k}.$$

Условие взаимовыгодного содержания объектов экспериментальной базы в составе ЦКП, таким образом, принимает следующий вид:

$$\left( \frac{k_{\text{внеш}}}{k} - 1 \right) \times \frac{F}{T} > \frac{k_{\text{соб}} \times S}{\tau} \times c.$$

Отношение  $\frac{S}{\tau}$  показывает годовую производительность объекта экспериментальной базы, типовых работ (экспериментов, испытаний и т.п.) в год, и для компактности может быть обозначено  $V$ . Тогда полученное неравенство можно записать следующим образом:

$$\left( \frac{k_{\text{внеш}}}{k} - 1 \right) \times \frac{F}{T} > k_{\text{соб}} \times V \times c,$$

$$\text{или } k_{\text{внеш}} > k_{\text{внеш min}} = k \times \left( \frac{k_{\text{соб}} \times V \times T \times c}{F} + 1 \right).$$

В представленном виде условие взаимовыгодного содержания объектов экспериментальной базы в составе ЦКП (или условие его экономической окупаемости в рамках предполагаемой здесь схемы финансирования исключительно за счет внешних заказов) является ограничением снизу на минимально необходимый уровень загрузки мощностей

ЦКП внешними заказами. Следует подчеркнуть, что полученное ограничение налагается именно на коэффициенты загрузки объектов экспериментальной базы, а не на доли внешних заказов и работ (исследований, испытаний), выполняемых для собственных нужд. В том случае, если суммарная загрузка объектов экспериментальной базы собственными работами оператора ЦКП и внешними заказами мала, т.е.  $k_{\text{внеш}} + k_{\text{соб}} \ll 1$ , вне зависимости от распределения загрузки между пользователями, на них будет приходиться высокая величина затрат на владение объектами экспериментальной базы.

Качественный анализ полученного неравенства показывает, что минимально приемлемая загрузка ЦКП за счет внешних заказов  $k_{\text{внеш min}}$  тем выше, чем выше затраты на владение объектом экспериментальной базы, и чем ниже относительно них прямые затраты на проведение экспериментальной работы (исследования, испытания и др.). Отношение  $\frac{V \times T \times c}{F}$  равно

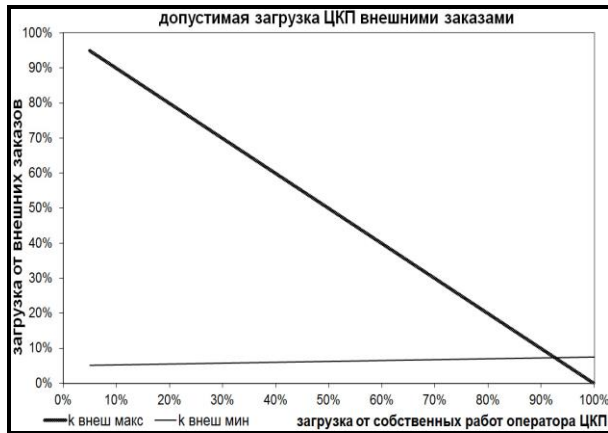
отношению прямых затрат на проведение экспериментальных работ к стоимости объекта экспериментальной базы при его 100%-й загрузке на протяжении всего срока эксплуатации. Оно характеризует область науки или техники, относительную фондоемкость исследований или испытаний. В авиационной промышленности и в отраслевой науке встречаются различные соотношения указанных составляющих затрат.

Ужесточается ограничение на минимальную загрузку внешними заказами и с ростом загрузки экспериментальной базы собственными работами оператора ЦКП, а также коэффициента загрузки, который обеспечивал бы отдельный пользователь. При этом, разумеется, число внешних пользователей не должно превышать ранее найденного порога  $n_{\text{max}}$ , а создаваемый ими суммарный коэффициент загрузки экспериментальной базы  $k_{\text{внеш}}$  не должен быть выше  $k_{\text{внеш max}} = 1 - k_{\text{соб}}$ . Это – ограничение сверху на коэффициент загрузки от внешних клиентов ЦКП, обусловленное производительностью объектов экспериментальной базы. Эти ограничения должны выполняться совместно.

Рассмотрим следующий набор исходных данных. Пусть коэффициент загрузки объекта экспериментальной базы, если бы он использовался лишь одним представительным пользователем, равен  $k = 5\%$ ; а отношение прямых затрат на проведение экспериментальных работ к стоимости объекта экспериментальной базы при его 100%-й загрузке на протяжении всего срока эксплуатации составляет  $\frac{V \times T \times c}{F} = 0,5$ , т.е.

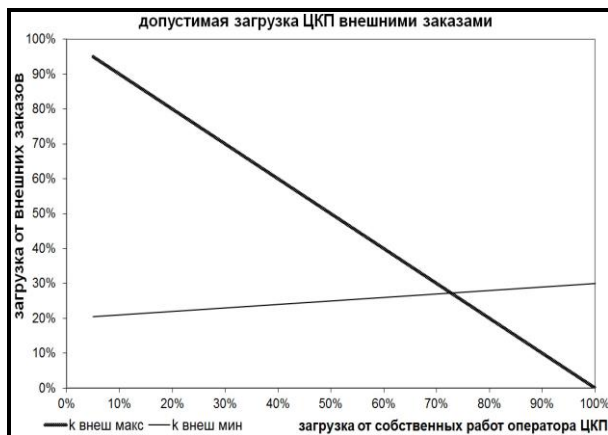
экспериментальные исследования относительно фондоемки, и даже при 100%-й загрузке объекта его стоимость вдвое выше, чем сумма прямых издержек на проведение исследований или испытаний. Для этого случая на рис. 1 тонкой сплошной линией изображен график зависимости  $k_{\text{внеш min}}(k_{\text{соб}})$ . На том же рисунке жирной сплошной линией отображено ограничение сверху  $k_{\text{внеш max}} = 1 - k_{\text{соб}}$ .

Анализ графиков показывает, что, в принципе, доля внешних заказов может быть и весьма малой – не более 10-30%, что соответствует правой части рисунка, и при этом выполняются как условие окупаемости ЦКП для его оператора, так и мощностное ограничение.



**Рис. 1. Диапазоны допустимой загрузки ЦКП внешними заказами в зависимости от загрузки собственными работами оператора ЦКП (фондоёмкие исследования и испытания)**

Заметим, что для таких фондоёмких видов исследований или испытаний допустимые уровни загрузки ЦКП внешними заказами лежат в очень широком диапазоне. На рис. 2, аналогичном рис. 1, изображены графики тех же зависимостей, но полученные при  $k = 20\%$ .

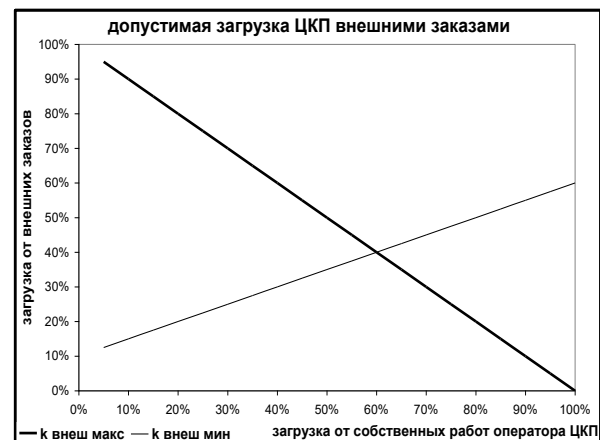


**Рис. 2. Диапазоны допустимой загрузки ЦКП внешними заказами в зависимости от загрузки собственными работами оператора ЦКП (фондоёмкие исследования и испытания, крупные внешние пользователи)**

Несмотря на то, что теперь внешние пользователи экспериментальной базы являются весьма крупными, и хотя бы пять представительных клиентов обеспечили бы 100%-ю загрузку мощностей ЦКП, но даже и в этом случае 25-30%-я загрузка ЦКП внешними заказами обеспечила бы его окупаемость для оператора, который в свою очередь может использовать объекты экспериментальной базы на 60-70%. Однако за-

висимость  $k_{\text{внеш мин}}$  от фондоемкости исследований или испытаний весьма сильна. Рассмотрим теперь случай, когда  $\frac{V \times T \times c}{F} = 5$ , т.е. сумма прямых за-

трат на проведение исследований или испытаний за весь срок службы объекта экспериментальной базы при 100%-й его загрузке в пять раз выше его балансовой стоимости. Такая ситуация вполне вероятна даже при высокой стоимости экспериментально-стендового оборудования, если его эксплуатация требует высоких прямых затрат по причине высокой трудоемкости, ресурсоемкости (например, энергоёмкости) исследований и испытаний. На рис. 3 изображены графики, аналогичные таковым на рис. 2, для указанного выше соотношения составляющих затрат, а также для  $k = 10\%$ .



**Рис. 3. Диапазоны допустимой загрузки ЦКП внешними заказами в зависимости от загрузки собственными работами оператора ЦКП (низкая фондоемкость исследований и испытаний)**

В этом случае уже необходимо, чтобы внешние заказы обеспечивали загрузку объектов ЦКП не менее чем на 40-50%. Соответственно, уровень загрузки собственными работами оператора ЦКП не должен превышать 50%. Это интуитивно понятно, если учесть особенности предполагаемой финансовой схемы функционирования ЦКП – выручка от внешних заказов должна полностью покрывать все издержки оператора ЦКП, в т.ч. и на проведение исследований или испытаний в его собственных интересах. И чем выше прямые затраты на их проведение, тем большую выручку требуется получать от внешних пользователей.

Таким образом, мониторинг доли внешних заказов и, тем более, установление нормативов по данному показателю целесообразны лишь в тех случаях, когда относительно высоки прямые затраты на проведение исследований или испытаний. Если же, напротив, последние являются, скорее, фондоёмкими, допустима и относительно малая загрузка ЦКП внешними заказами, в пределах 10-30%. И при этом вполне может обеспечиваться окупаемость ЦКП, т.е. средства от внешних заказов могут покрывать затраты на проведение исследований или испытаний в интересах самого оператора ЦКП, а также затраты на владение объектами экспериментальной базы. Этот вывод весьма

актуален для ЦКП научным оборудованием, организованных при вузах, поскольку основным назначением эксплуатируемого там оборудования является обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров и проведение исследований по собственным программам и планам научно-исследовательских работ (НИР).

### Учет стохастических факторов при оценке эффективности функционирования ЦКП и мониторинге его загрузки

Высокие, близкие к 100%, значения суммарного коэффициента загрузки экспериментальной базы могут приводить, с учетом стохастического характера поступления заявок на исследования или испытания, а также случайного времени выполнения работ, к ухудшению качества обслуживания, к задержкам и длительному ожиданию в очереди. Рассмотрим ЦКП как классическую СМО с пуассоновскими потоками заявок на исследования или испытания, а также потоками исполнения заявок. Предположим, что это – 1-канальная СМО с очередью, ограниченной по времени ожидания, причем это ограничение учитывается как уход из очереди «нетерпеливых» заявок с интенсивностью, обратно пропорциональной предельной длительности ожидания. О возможностях применения такого упрощенного подхода и его корректности см. [4]. Точности приближенных моделей вполне достаточно для того чтобы адекватно отразить основные качественные эффекты, обусловленные стохастическим характером процессов поступления заявок на экспериментальные исследования и испытания, а также процессов их выполнения. В принципе, эти процессы могут быть и неслучайными, однако если длительности выполнения различных работ различаются, их остается рассматривать как случайные с некоторым законом распределения. То же самое касается и процесса возникновения потребностей в выполнении работ.

Основным критерием качества обслуживания является среднее время ожидания в очереди  $\bar{T}_{оч}$ . Причем, поскольку это величина размерная, для большей информативности и наглядности следует отнести ее к среднему времени исполнения заявки  $\tau$ . Если  $\frac{\bar{T}_{оч}}{\tau} \geq 1$ , это уже, вероятно, означает значи-

тельное время ожидания. Показателем эффективности использования самих объектов экспериментальной базы по-прежнему можно считать коэффициент их загрузки  $K$ , но в стохастической постановке задачи уже следует рассматривать ожидаемый коэффициент загрузки, т.е. отношение среднего по времени количества занятых каналов к их общему числу.

Ограниченность времени ожидания означает, что часть заявок может остаться необслуженной, т.е. имеется ненулевая вероятность ухода заявки из очереди, что также является признаком снижения качества обслуживания. В условиях конкуренции такое ограничение и отражает уход внешних пользователей к конкурентам, либо утрату актуальности исследований или испытаний, что также сопряжено

с потерями для наукоемких предприятий. Показателем качества обслуживания, отражающим эти аспекты, может служить относительная пропускная способность  $Q$ , равная отношению интенсивности потока обслуженных заявок к интенсивности входящего потока  $\lambda$  (соответственно,  $1 - Q$  – доля заявок, не дождавшихся обслуживания и ушедших из очереди).

Если СМО – простейшие, пуассоновские, то все необходимые величины – среднее количество занятых каналов, относительная пропускная способность, среднее время ожидания в очереди – рассчитываются по известным формулам, см., например, [4, 5].

В качестве иллюстративного примера рассмотрим единственный объект экспериментальной базы, расположенный в ЦКП научным оборудованием, как 1-канальную СМО. Пусть интенсивность потока заявок на исследования или испытания составляет  $\lambda$  заявок в год, средняя длительность выполнения типовой работы на данном объекте –  $\tau = 3$  суток, а предельная длительность ожидания в очереди  $T_{доп} = 30$  суток, что на порядок превышает собственно длительность обслуживания заявки. Т.е. ограничение на время ожидания является сравнительно слабым.

На рис. 4 изображены графики зависимостей от интенсивности годового потока заявок  $\lambda$  следующих величин:

- среднего по времени коэффициента загрузки канала обслуживания (т.е.  $K$ );
- относительной пропускной способности  $Q$ ;
- среднего времени ожидания в очереди, отнесенного к среднему времени исполнения заявки  $\frac{\bar{T}_{оч}}{\tau}$ .

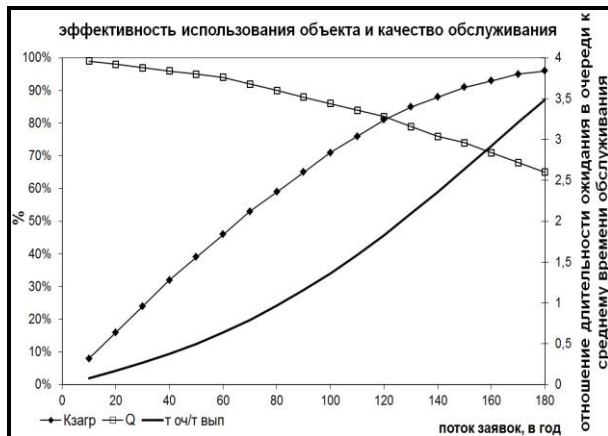
При этом интенсивность потока заявок варьирует от  $\lambda = 10$  до  $\lambda = 180$  заявок в год, что соответствует так называемой *относительной загрузке канала*

$$\rho = \frac{\lambda}{365} \cdot \tau \text{ от } 0,08 \text{ до } 1,48. \text{ Относительная загрузка}$$

канала представляет собой отношение интенсивности входящего потока заявок к производительности канала. Если очередь не ограничена ни по длине, ни по времени ожидания, тогда при  $\rho \geq 1$  происходит коллапс СМО – она заведомо не в состоянии обслужить поступающий поток заявок (в т.ч. и при  $\rho = 1$ , по причине стохастичности поступления и обслуживания заявок), и очередь растет до бесконечности. Однако в данном случае очередь ограничена по времени ожидания, поэтому при высоких значениях относительной загрузки канала коллапса СМО не происходит – но, разумеется, возрастает и доля заявок, не дождавшихся обслуживания, т.е. падает относительная пропускная способность. В данном примере  $\rho \approx 1$  при  $\lambda$  приблизительно равной 120 заявок в год.

Анализ полученных графиков показывает, что приемлемая пропускная способность ( $Q \geq 80-90\%$ ), а также приемлемое время ожидания в очереди

$(\frac{\bar{T}_{оч}}{\tau} \leq 1)$ , т.е., в конечном счете, приемлемое качество обслуживания заявок, достигается при  $\lambda \leq 80-90$  заявок в год, что соответствует коэффициенту загрузки объекта экспериментальной базы в пределах  $k \leq 60-65\%$ . Относительная нагрузка канала составляет при этом  $\rho = 0,66-0,75$ . При большей относительной нагрузке канала возрастает и коэффициент загрузки объекта экспериментальной базы, однако качество обслуживания (как в части времени ожидания, так и в части вероятности удовлетворения заявки) падает до неприемлемого уровня.



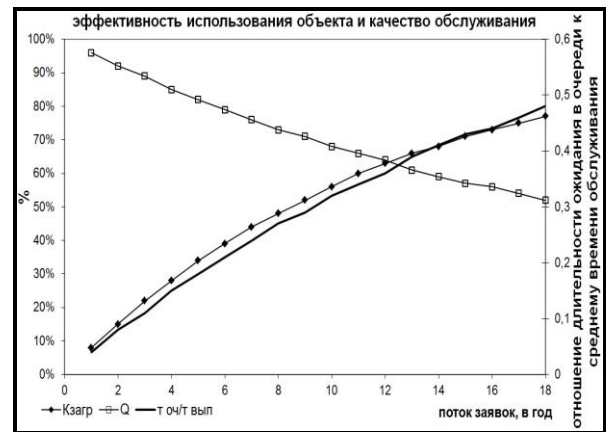
**Рис. 4. Зависимость загрузки ЦКП, длительности ожидания в очереди и вероятности исполнения заявок от интенсивности потока заявок на исследования и испытания (слабое ограничение на время ожидания)**

Важно подчеркнуть, что относительная нагрузка канала в классической теории массового обслуживания является параметром подобия. И если, например, пропорционально возрастут длительность выполнения заявки и интервал между поступлением заявок, а также предельно допустимое время ожидания в очереди, тогда все результирующие относительные показатели качества обслуживания (отношение среднего времени ожидания к среднему времени выполнения заявки  $\frac{\bar{T}_{оч}}{\tau}$ , относительная

пропускная способность  $Q$ ) и эффективности использования материальной базы (коэффициент загрузки мощностей  $k$ ) останутся неизменными. Поэтому полученные выше качественные выводы о приемлемых по критерию качества значениях загрузки объектов экспериментальной базы останутся в силе.

Представляет интерес изменение относительной жесткости ограничения, налагаемого на максимальное время ожидания в очереди. Если на рис. 4 оно на порядок превышало длительность выполнения заявки ( $\frac{T_{доп}}{\tau} = 10$ ), то ниже, на рис. 5, оно стало более жестким: длительность выполнения заявки и интервал между поступлением заявок возросли

ровно в 10 раз ( $\tau = 30$  суток, интенсивность потока заявок варьирует от  $\lambda = 1$  до  $\lambda = 18$  заявок в год), тогда как допустимое время ожидания в очереди по-прежнему составляет  $T_{доп} = 30$  суток. Т.е. теперь оно равно среднему времени выполнения заявки. Поэтому, разумеется, полного подобия СМО той, что была рассмотрена на рис. 4, уже не будет, и интересно проанализировать качественные изменения параметров качества обслуживания и эффективности использования объектов экспериментальной базы. Поскольку теперь «нетерпеливые» заявки быстрее уходят из очереди, среднее время ожидания сокращается — однако падает и относительная пропускная способность СМО. Падает и нагрузка объекта экспериментальной базы.



**Рис. 5. Зависимость загрузки ЦКП, длительности ожидания в очереди и вероятности исполнения заявок от интенсивности потока заявок на исследования и испытания (жесткое ограничение на время ожидания)**

Судя по рис. 5, теперь даже при высоких значениях относительной нагрузки канала ( $\rho = 1-1,5$ ) время ожидания в очереди невелико по сравнению с характерной длительностью собственно исполнения заявки:  $\frac{\bar{T}_{оч}}{\tau} = 0,3-0,5$ , что, в общем случае, можно

признать приемлемым. Однако даже при меньшей относительной нагрузке канала относительная пропускная способность падает до неприемлемо низких значений: например, при  $\lambda = 10-12$  заявок в год (т.е. при  $\rho = 0,8-1$ ), она составляет  $Q = 60-70\%$ , т.е. треть заявок не будет удовлетворена. В то же время, и коэффициент загрузки объекта экспериментальной базы при этом не превышает  $k \leq 60-65\%$ . Таким образом, приемлемое качество обслуживания (по критерию вероятности выполнения заявки, а не ожидания в очереди) может достигаться лишь при существенно меньшей нагрузке объекта экспериментальной базы, в пределах  $k \leq 30-40\%$ .

В то же время следует учитывать, что классическая теория массового обслуживания, основанная на предположении о пуассоновских потоках событий, дает пессимистические оценки качества обслуживания и эффективности использования матери-

ально-технической базы, поскольку пуассоновский поток событий является «наиболее случайным», наименее благоприятным для планирования. Поэтому в реальности и для указанных в последнем примере параметров могут достигаться приемлемые значения качества обслуживания и эффективности использования объектов экспериментальной базы. В то же время проведенный анализ свидетельствует о том, что требовать близкой к 100%-й загрузки объектов экспериментальной базы в ЦКП не следует, во избежание неприемлемого ухудшения качества обслуживания, т.е. высокой длительности ожидания выполнения исследований и испытаний, а также высокой вероятности отказа в обслуживании за приемлемое время.

### Оценка взаимовыгодных диапазонов цен на услуги центров коллективного пользования объектами экспериментальной базы

В вышеприведенных расчетах предполагалось, что цены на услуги ЦКП для внешних клиентов достигают максимально приемлемого для них значения  $p_{max}$ , полученного из условия равных затрат на пользование услугами ЦКП и на содержание собственного аналогичного объекта экспериментальной базы. Но в реальности цена на услуги ЦКП должна быть существенно, многократно ниже этого порога, поскольку в реальности необходимо учитывать целый ряд проблем – как технологических, так и институциональных, подробнее см. [1, 3] – связанных с коллективным использованием объектов экспериментальной базы. В то же время выручка ЦКП от внешних клиентов должна покрывать полные затраты его оператора. От того, насколько широк диапазон допустимых цен, зависит устойчивость существования и функционирования ЦКП, и, в рамках данного исследования – реалистичность полученных выше оценок.

Из условия покрытия выручкой от внешних клиентов ЦКП полных затрат на владение объектами экспериментальной базы, а также собственно на выполнение работ – как в интересах внешних заказчиков, так и в интересах оператора ЦКП – можно выразить минимально приемлемую цену работ для внешних пользователей:

$$R(n) > n \times q \times p_{min} = TC_y = (n \times q + q_{соб}) \times c + \frac{F}{T},$$

$$\Rightarrow p_{min} = \left(1 + \frac{q_{соб}}{n \times q}\right) \times c + \frac{F}{T \times n \times q}.$$

Можно выразить правую часть этого равенства через коэффициенты загрузки объекта экспериментальной базы как внешними заказами, так и работами в собственных интересах оператора ЦКП:

$$\Rightarrow p_{min} = \left(1 + \frac{k_{соб}}{k_{внеш}}\right) \times c + \frac{F}{T \times V \times k_{внеш}}.$$

Из полученного выражения видно, что минимально приемлемая по условию окупаемости ЦКП цена его услуг сокращается с ростом коэффициента загрузки внешними заказами, поскольку и затраты на

владение объектами экспериментальной базы, и затраты на выполнение работ в интересах оператора ЦКП распределяются при этом на большее количество экспериментов, испытаний и т.п. работ, выполненных за соответствующую цену.

В то же время потенциальные клиенты ЦКП будут заинтересованы в использовании его услуг только при условии, что цена не будет превышать максимально приемлемого для них значения  $p_{max} = c + \frac{F}{k \times V \times T}$ .

Выразим полученные формулы через величину прямых затрат на проведение типовой работы  $c$ , а также введенное выше отношение  $\frac{F}{V \times T \times c}$ :

$$p_{min} = \left[1 + \frac{k_{соб}}{k_{внеш}}\right] + \frac{F}{T \times V \times c} \times \frac{1}{k_{внеш}} \times c;$$

$$p_{max} = \left(1 + \frac{F}{V \times T \times c} \times \frac{1}{k}\right) \times c.$$

Для фондоемких видов исследований или испытаний, когда  $\frac{F}{V \times T \times c} \geq 1$ , если потребности внешних

клиентов относительно малы, т.е. при  $k \ll 1$ , максимально приемлемая для внешних пользователей цена  $p_{max}$  заведомо превышает, причем, многократно, величину прямых затрат на проведение типовой работы  $c$ . Если же фондоемкость исследований или испытаний мала, априорного вывода такого рода сделать нельзя, но если потребности внешних пользователей относительно малы, то, как правило, и в этом случае максимально приемлемая цена на услуги ЦКП многократно превышает прямые затраты.

Рассмотрим следующий иллюстративный пример.

Пусть  $\frac{F}{V \times T \times c} = 0,2$ ;  $k = 10\%$ ,  $k_{внеш} + k_{соб} = 1$ , т.е.

внешние заказы и собственные потребности оператора ЦКП обеспечивают полную загрузку объекта экспериментальной базы. Для этого набора исходных данных на рис. 6 изображены графики зависимости от загрузки собственными работами оператора ЦКП минимально необходимой для его окупаемости цены типовой работы  $p_{min}$ , а также максимально приемлемой для внешних клиентов цены  $p_{max}$  (горизонтальной линией).

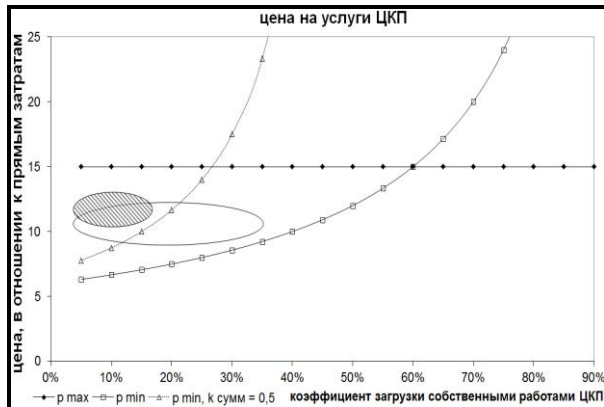
Пунктирной маркированной линией изображен график зависимости  $p_{min}(k_{внеш})$ , рассчитанной при тех же исходных данных, но при вдвое меньшей суммарной загрузке экспериментальной базы:  $k_{внеш} + k_{соб} = 0,5$ .

Реалистичные сочетания параметров, т.е. цены на услуги ЦКП и загрузки за счет собственных работ оператора ЦКП, находятся внутри сектора, ограниченного снизу графиком  $p_{min}(k_{внеш})$ , а сверху –  $p_{max}(k_{внеш})$ , причем на некотором расстоянии от его границ. Эти области изображены на рис. 6 овалами – незаштрихованным для  $k_{внеш} + k_{соб} = 1$  и заштрихованным для  $k_{внеш} + k_{соб} = 0,5$ . Таким образом, судя по рис. 6,



устойчивое функционирование ЦКП, взаимовыгодное для его оператора и внешних клиентов, возможно:

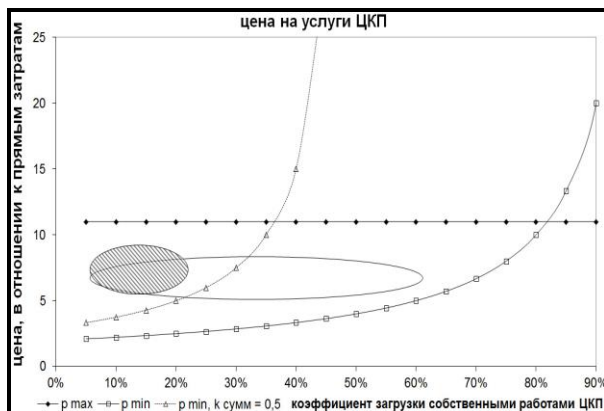
- при 100%-й суммарной загрузке объекта экспериментальной базы – при цене услуг ЦКП, в 8-12 раз превышающей прямые затраты, и при загрузке собственными работами оператора ЦКП в пределах 30-40%;
- при 50%-й суммарной загрузке объекта экспериментальной базы – при цене услуг ЦКП, в 10-13 раз превышающей прямые затраты, и при загрузке собственными работами оператора ЦКП в пределах 10-15%.



**Рис. 6. Зависимость минимально приемлемых для оператора ЦКП и максимально приемлемых для внешних пользователей цен на услуги ЦКП от загрузки ЦКП собственными работами его оператора (низкая фондоемкость исследований и испытаний)**

Рис. 7 аналогичен рис. 6, но получен для более фондоемких экспериментальных исследований или испытаний:

$$\frac{F}{V * T * c} = 1.$$



**Рис. 7. Зависимость минимально приемлемых для оператора ЦКП и максимально приемлемых для внешних пользователей цен на услуги ЦКП от загрузки ЦКП собственными работами его оператора (высокая фондоемкость исследований и испытаний)**

В этом случае устойчивое функционирование ЦКП, взаимовыгодное для его оператора и внешних клиентов, возможно:

- при 100%-й суммарной загрузке объекта экспериментальной базы – при цене услуг ЦКП, в 5-8 раз превышающей прямые затраты, и при загрузке собственными работами оператора ЦКП в пределах 50-60%;

- при 50%-й суммарной загрузке объекта экспериментальной базы – при цене услуг ЦКП, в 6-9 раз превышающей прямые затраты, и при загрузке собственными работами оператора ЦКП в пределах 15-20%.

Таким образом, рост фондоемкости исследований и испытаний расширяет диапазон условий устойчивого функционирования ЦКП, взаимовыгодного для его оператора и внешних клиентов. В то же время, его существенно сужает сокращение общего коэффициента загрузки экспериментальной базы. Поэтому целесообразен мониторинг этого показателя, даже в большей степени, чем соотношения внешних заказов и работ в собственных интересах оператора ЦКП. При высокой общей загрузке вполне допустима и относительно малая – порядка 20-30% – доля внешних заказов, и при этом вполне согласуются экономические интересы оператора ЦКП и внешних пользователей, в т.ч. с учетом рисков.

### Влияние цен на услуги ЦКП на интенсивность использования объектов экспериментальной базы и потребности в проведении экспериментов

Вывод оборудования за рамки предприятия и необходимость оплачивать использование оборудования по рыночным расценкам создает стимулы для более экономного его использования (в особенности, в сравнении с ситуацией частичной ответственности менеджмента предприятия за амортизацию принадлежащего ему оборудования, в пределах отчетного срока либо горизонта планирования, рассмотренной в работе [1]). Однако обязательно ли оно будет более эффективным, и насколько более эффективным?

Помимо стоимости владения оборудованием, существуют и прямые издержки его эксплуатации. В ситуации приобретения оборудования в собственность (тем более, при реально действующей неполной ответственности за амортизационные затраты) стоимость пользования фактически ограничивается величиной этих прямых затрат (в силу принципа «прошлые затраты не влияют на будущие решения»), и менеджмент сравнительно легко идет на эти расходы. Но при аутсорсинге необходимость полностью оплачивать эксплуатацию оборудования и владение им (возможно, в увеличенном размере) может выступать сдерживающим фактором. Такие эффекты широко известны в сфере аутсорсинга производственных услуг. Здесь предполагается исследовать их влияние на эффективность создания и функционирования ЦКП объектами экспериментальной, стендовой, полигонной базы в авиационной промышленности.

Итак, если спрос представительного пользователя на исследование или испытания данного типа обозначен  $q$  работ в год, и он зависит от фактических затрат, которые пользователь понесет в расчете на одну работу, тогда:

- изначально (при независимом приобретении и использовании объектов экспериментальной базы) можно считать, что эти затраты составляли  $c$  денежных единиц за одну работу;



- после перехода к аутсорсингу соответствующих услуг в ЦКП они будут оплачиваться по цене  $p$  денежных единиц за работу, причем эта цена удовлетворяет двойному неравенству  $p_{min} < p < p_{max}$ .

Как показал проведенный выше анализ, даже для тех видов исследований или испытаний, которые отличаются малой фондоемкостью, т.е.

$$\frac{F}{V \times T \times c} \ll 1, \text{ если потребности отдельного поль-}$$

зователя относительно малы:  $k \ll 1$ , тогда максимально приемлемая для внешних пользователей цена на услуги ЦКП может в несколько раз превышать прямые затраты на проведение типовой работы, т.е.  $p_{max} \gg c$ . Таким образом, вполне вероятно, что при переходе к аутсорсингу соответствующих видов исследований или испытаний, их стоимость для внешних пользователей резко возрастет. Как это скажется на уровне спроса на экспериментальные исследования или испытания  $q$  и, в конечном счете, на уровне загрузки объектов экспериментальной базы, размещенных в ЦКП?

С позиций общей экономической теории ответ зависит от ценовой эластичности спроса на услуги ЦКП, равной отношению относительных изменений «спроса» и цены:

$$\varepsilon_p^q = \frac{\frac{\partial q}{q}}{\frac{\partial p}{p}}.$$

Если спрос неэластичен, т.е.  $\varepsilon_p^q \ll 1$ , тогда и многократное возрастание цены не приведет к значительному сокращению спроса на экспериментальные исследования или испытания. Можно полагать, что в большинстве видов исследований и испытаний в авиационной промышленности и отраслевой науке имеет место именно такая ситуация.

Как показывает анализ стоимостной структуры жизненного цикла авиационной техники и другой сложной наукоемкой продукции, даже многократное повышение затрат на научно-исследовательские работы (НИР) и опытно-конструкторские работы (ОКР) может быть оправдано последующими увеличенными доходами от продаж продукции, если эти исследования и разработки приводят к значимому повышению уровня технико-экономического совершенства продукции. Что касается испытаний, особенно, сертификационных, их проведение на сертифицированной экспериментальной базе является категорическим требованием авиационных властей и условием допуска на рынок, поэтому и в данном случае даже существенное повышение стоимости испытаний не приведет к сокращению потребности в их проведении.

В то же время следует различать краткосрочную и долгосрочную эластичность спроса. Как известно из общей экономической теории, существенное влияние на значение эластичности оказывает темп изменения цены. Как правило, эластичность высока в том случае, если данное благо (товар, услуга) имеет близкие по своим свойствам и доступные заменители. Поэтому, если темп ценовых изменений высок, потребители в

меньшей степени способны переключиться на заменители, а производители потенциальных заменителей – удовлетворить их спрос. Т.е. краткосрочная эластичность, как правило, низка. Но в долгосрочной перспективе, если новый, более высокий уровень цен установился на длительный период, и потребители успевают переориентироваться на заменители, и их производители (тем более рассчитывая на долговременные доходы) успевают освоить массовое производство замещающих благ.

Эти общеэкономические закономерности проявляются в обсуждаемой сфере следующим образом. Если, как было показано выше, в краткосрочной перспективе ценовая эластичность спроса на исследования и испытания низка, т.е. рост их стоимости при переводе в ЦКП не вызовет значимого сокращения спроса со стороны пользователей и загрузки объектов экспериментальной базы, то в более долгосрочной перспективе вполне возможно, что натурные эксперименты будут замещаться полунатурными, или, в конечном счете, компьютерным моделированием, т.е. виртуальными экспериментами и испытаниями. Причем развитие методов соответствующих исследований позволяет постепенно повышать их точность и достоверность до такого уровня, когда их результаты принимаются в качестве доказательной базы при сертификации гражданских воздушных судов по нормам **EASA, FAA** и других авиационных властей. В отечественной практике уже есть положительный опыт предъявления результатов компьютерного моделирования (в частности, критически важного с точки зрения безопасности случая нелокализованного разрушения пневматика шасси, и др.) при сертификации регионального самолета Sukhoi SuperJet 100 по нормам **EASA**.

Можно полагать, что в долгосрочной перспективе концентрация экспериментального оборудования в ЦКП и необходимость оплачивать его использование по относительно высоким рыночным ставкам создаст институциональные стимулы для совершенствования средств и методов исследований и испытаний в авиационной промышленности и отраслевой науке, что в дальнейшем позволит сократить объем натурных экспериментов, замещая их полунатурными или виртуальными, компьютерным моделированием (с сохранением необходимой точности и достоверности результатов). С точки зрения отрасли в целом это можно считать позитивным изменением, поскольку совокупные затраты на исследования и испытания сократятся. В то же время этот эффект необходимо учитывать при формировании стратегии работы создаваемых ЦКП, их ценовой политики и т.п. Если ЦКП и в долгосрочной перспективе намерен сохранять лидирующие позиции в соответствующей области исследований или подтверждения соответствия образцов авиационной техники предъявляемым требованиям, ему следует вести разработку замещающих, более экономичных методов исследований и испытаний опережающими темпами, а не воспринимать замещение натурных экспериментов виртуальными как внешнюю угрозу. Такой подход является неконструктивным. В связи с этим в число показателей функционирования ЦКП, подлежащих мониторингу,

следует включать и показатели развития альтернативных методов и средств исследований и испытаний, как текущие, так и планируемые в перспективе.

## ВЫВОДЫ

*Первое.* Анализ факторов, определяющих эффективность создания и функционирования центров коллективного пользования объектами экспериментальной, стендовой, полигонной базы в российской авиационной промышленности, показал, что сама по себе доля внешних заказов в общем объеме исследований и испытаний, проводимых в центре коллективного пользования, не может являться решающим критерием эффективности его функционирования с точки зрения отрасли в целом или его оператора. Для фондоемких видов исследований и испытаний вполне достаточно 20-30% загрузки за счет внешних заказов для того, чтобы, взимая плату по приемлемым для внешних пользователей ценам (в 1,5-2 раза ниже порогового для них уровня), полностью финансировать и содержание объектов экспериментальной базы, и собственные исследования и испытания, проводимые оператором центра коллективного пользования. В то же время требовать коэффициента загрузки экспериментальной базы, близкого к 100%, не следует, поскольку при этом возникает риск неприемлемого ухудшения качества обслуживания. Для уникальных установок, размещаемых в ЦКП, которые могут рассматриваться как одноканальные системы массового обслуживания, компромиссными являются значения коэффициента загрузки порядка 60-80%.

*Второе.* Предприятия высокотехнологичной промышленности, в том числе авиационной, имеют ряд стимулов к созданию собственной экспериментальной базы, даже несмотря на существенную экономию средств при использовании услуг ЦКП при любых возможных ценах на их услуги. В то же время аутсорсинг исследований и испытаний в рамках ЦКП создает мощные стимулы к развитию замещающих методов и средств исследований, прежде всего – виртуальных экспериментов, компьютерного моделирования.

*Третье.* В рамках мониторинга эффективности создания и функционирования ЦКП целесообразно учитывать следующие показатели:

- стоимость создания и текущего содержания объектов экспериментальной базы;
- характеристики объектов экспериментальной базы в части их соответствия высшим мировым требованиям по номенклатуре исследований и испытаний, номенклатуре, точности и достоверности измерений, средств их анализа;
- плановую производительность, в некоторых измеримых единицах экспериментальных работ;
- долю мирового и российского рынка соответствующих исследований и испытаний;
- предполагаемый состав пользователей и диапазон их требований к номенклатуре работ, точности и достоверности испытаний, оперативности выполнения работ;
- характерные затраты времени и средств на перенастройку оборудования для выполнения работ в интересах различных пользователей;
- показатели развития альтернативных методов и средств исследований и испытаний, как текущие, так и планируемые в перспективе.

## Литература

1. Ключков В.В. Анализ взаимосвязи показателей эффективности работы предприятий и использования производственных мощностей (на примере авиационной промышленности) [Текст] / В.В. Ключков // Аудит и финансовый анализ. – 2016. – №2. – С. 63-74.
2. Ключков В.В. Центры коллективного пользования в прикладной авиационной науке: эффективность и направле-

ния развития [Текст] / В.В. Ключков, Н.В. Чернер // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2015. – №42. – С. 2-17.

3. Клочков В.В. Экономические стимулы создания центров коллективного пользования научным оборудованием [Текст] / В.В. Клочков, Н.В. Чернер // Russian j. of management. – 2015. – Vol. 3 ; Iss. 6. – Pp. 610-617.
4. Кремер Н.Ш. и др. Исследование операций в экономике [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; под ред. проф. Н.Ш. Кремера. – М., 2005. – 407 с.
5. Таха Х. Введение в исследование операций [Текст] / Х. Таха. – М. : Вильямс, 2001. – 912 с.

### Ключевые слова

Центр коллективного пользования; коэффициент загрузки; система массового обслуживания; эффективность; критерии; мониторинг.

*Клочков Владислав Валерьевич*

*Чернер Наталья Владимировна*

### РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы. Статья посвящена анализу условий эффективной работы центров коллективного пользования (ЦКП) научным оборудованием, обоснованию критериев эффективности их создания и функционирования. В условиях дефицита ресурсов, санкционных ограничений на импорт современного научного оборудования становится особенно актуальной оптимизация его использования в интересах научных организаций и высокотехнологичной промышленности. Поэтому формированию ЦКП уделяется большое внимание, как в научной среде, так и в органах государственного управления. Реализуются программы формирования таких центров на базе вузов и научных учреждений. При этом, разумеется, возникают проблемы контроля их эффективности и целевого использования госбюджетных средств. Заинтересованные ведомства устанавливают различные критерии и показатели, формальные требования к организациям-операторам ЦКП. Поэтому выбранная авторами тема статьи чрезвычайно своевременна. Ее научная актуальность обусловлена дефицитом расчетных математических моделей функционирования ЦКП, пригодных для определения путей их развития.

Научная новизна и практическая значимость. Авторами разработаны простые методы оценки эффективности ЦКП по критерию средней себестоимости проведения типового исследования (расчета, эксперимента и т.п.). Выявлены условия, в которых допустимо снижение коэффициента загрузки оборудования ЦКП, т.е. оно необязательно означает ухудшение его функционирования. Более того, рассмотрение задачи в стохастической постановке показало, что приближение коэффициента загрузки к 100% влечет за собой недопустимое ухудшение качества обслуживания. Также определены диапазоны значений доли внешних заявок и цен на предоставляемые услуги, в которых возможно устойчивое функционирование ЦКП, взаимовыгодное для организации-оператора и внешних пользователей. Эти результаты важно принимать во внимание при формировании критериев эффективности ЦКП, при аудите проектов их создания и при мониторинге функционирования действующих центров коллективного пользования.

Важным представляется вывод работы о том, что «...доля внешних заказов в общем объеме исследований и испытаний, проводимых в центре коллективного пользования, не может являться решающим критерием эффективности его функционирования с точки зрения отрасли в целом или его оператора».

Заключение: рецензируемая статья представляет значительный научный и практический интерес. Рекомендую ее к опубликованию в журнале «Аудит и финансовый анализ».

*Фролов И.Э., д.э.н., заведующий лабораторией Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва.*

Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ