

УДК 303.732.4

## Модель взаимоотношений заказчика и поставщика услуг центра обработки вызовов для оптимизации качества обработки информации

Касаткин Ф. Ю.

**Постановка проблемы:** Организация эффективной обработки информации в центрах обработки вызовов (ЦОВ) при закупке услуг ЦОВ заказчиком у поставщика предполагает решение многокритериальной оптимизационной задачи нахождения экономически эффективного как для заказчика, так и для поставщика услуг ЦОВ баланса между требуемым заказчиком качеством услуг обработки информации в ЦОВ, себестоимостью данных услуг для поставщика как функции качества услуг, желанием заказчика минимизировать затраты на данные услуги и желанием поставщика услуг максимизировать свою прибыль. Для формализованного решения данной оптимизационной задачи необходимо построение модели взаимоотношений заказчика и поставщика услуг обработки информации в ЦОВ, описание параметров данной модели и критериев оценки решения оптимизационной задачи. **Методы:** математического моделирования зависимости прибыли поставщика услуги от качества услуги; определения функций цены, себестоимости, прибыли, качества и полезности услуги. **Результаты:** построена модель хозяйственных взаимоотношений заказчика и поставщика обработки информации в центрах обработки вызовов на всех этапах жизненного цикла данной услуги: от возникновения намерения заказчика на закупку услуги до окончания срока действия договора на поставку услуги между заказчиком и поставщиком услуги. Выделена модель формализуемого контура управления, позволяющая решить задачу синтеза эффективного вида зависимости интегральной оценки качества услуг ЦОВ от вектора значений частных оценок качества услуг ЦОВ, позволяющего заказчику получить квазиоптимальное значение ценности услуг ЦОВ за счет экономической заинтересованности поставщика. **Практическая значимость:** результаты работы могут быть использованы для моделирования процесса закупки различных услуг заказчиком у поставщика при решении широкого круга других прикладных задач, которые могут быть сведены к решаемой в работе задаче. Они позволяют существенно повысить ценность получаемых заказчиком услуг за счет экономической заинтересованности поставщика.

**Ключевые слова:** услуги обработки информации в ЦОВ; качество услуг; ценность услуг, функция качества; функция ценности, функция стоимости; функция затрат; прибыль; экономически обоснованный уровень качества услуг, квазиоптимальное значение ценности услуг.

### Введение

В современных условиях цифровой экономики центры обработки вызовов (ЦОВ) трансформируются из затратных сервисных подразделений в стратегически важные центры формирования клиентского опыта и лояльности. При этом фактически услугой, предоставляемой ЦОВ, является двусторонний информационный обмен со звонящими в ЦОВ абонентами: операторы ЦОВ при-

---

#### Библиографическая ссылка на статью:

Касаткин Ф. Ю. Модель взаимоотношений заказчика и поставщика услуг центра обработки вызовов для оптимизации качества обработки информации // Системы управления, связи и безопасности. 2026. № 1. С. 48-85. DOI: 10.24412/2410-9916-2026-1-048-085

#### Reference for citation:

Kasatkin F. Yu. A model of the relationship between the customer and the service provider of the call center to optimize the quality of information processing. *Systems of Control, Communication and Security*, 2026, no. 1, pp. 48-85 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2026-1-048-085

нимают информацию от абонентов, обрабатывают ее и предоставляют абонентам требуемую им информацию.

Как для заказчика, так и для поставщика услуг ЦОВ ключевой проблемой становится согласование двух противоречивых целей: во-первых, это достижение высокого качества информационного обмена операторов ЦОВ с абонентами, во-вторых, это обеспечение собственной экономической эффективности. При этом понятие эффективности для заказчика и поставщика различно: для заказчика это минимизация расходов на оплату услуг поставщика при некотором гарантированном уровне качества услуг ЦОВ, а для поставщика – получение максимально возможной прибыли от поставки услуг ЦОВ.

Традиционные административные методы управления качеством, основанные на жестком контроле и регламентации, не всегда позволяют найти устойчивый оптимум между этими целями, так как могут приводить либо к необоснованному росту издержек, либо к снижению удовлетворенности клиентов-заказчиков и конечных абонентов.

В этой связи актуальной задачей является разработка и внедрение таких механизмов управления, которые органично интегрируют показатель качества в экономическую модель деятельности поставщика. Математическое моделирование процессов обработки вызовов представляет собой адекватный инструмент для решения данной задачи, позволяя формализовать взаимосвязь между операционными параметрами (такими как уровень укомплектованности штата, схемы маршрутизации, мотивационные схемы), результирующими показателями качества (среднее время ожидания, процент отказов, удовлетворенность абонентов) и финансовыми результатами (выручка, прибыль).

Целью настоящей работы является разработка математической модели взаимодействия заказчика и поставщика услуг обработки информации ЦОВ, которая позволит искать квазиоптимальное разрешение описанной выше проблемы, при котором заказчик услуг ЦОВ получит от поставщика качество услуг не ниже желаемого порога и затраты на данные услуги не выше желаемого порога, а поставщик услуг в свою очередь получит прибыль не ниже желаемого порога.

В настоящей работе применяется *метод структурно-параметрического синтеза* для построения модели *сложной системы* организации и предоставления услуг обработки информации абонентов и предоставления им требуемой информации (далее – услуги ЦОВ), включающей в себя субъекты хозяйственной деятельности – заказчика и поставщика услуг ЦОВ и объект хозяйственной деятельности – ЦОВ. Работа опирается на результаты предыдущих работ автора [1, 2], посвященные различным аспектам эффективной оценки качества услуг ЦОВ и взаимоотношений заказчика и поставщика услуг ЦОВ.

Материал работы декомпозирован на следующие подразделы:

1. Общая характеристика работы.
  - 1.1. Объект и предмет исследования.
  - 1.2. Цель, задачи работы.
  - 1.3. Экономическая основа взаимоотношений заказчика и поставщика.

2. Модель объекта исследования.
  - 2.1. Параметры взаимоотношений заказчика и поставщика.
  - 2.2. Общая структура модели. Уровни A-0 и A0.
3. Модель заказчика услуг. Уровень A2.
  - 3.1. Подготовка и заключение договора на услуги ЦОВ. Уровень A21, действие № 1.
  - 3.2. Определение характеристик получаемых по договору услуг. Уровень A22.
4. Модель поставщика услуг.
  - 4.1. Уровень A1.
  - 4.2. Управление ресурсами ЦОВ для максимизации прибыли. Уровень A12.1.
5. Формализуемый контур управления.
  - 5.1. Выделение формализуемого контура управления.
  - 5.2. Модель формализуемого контура управления.
  - 5.2. Сводка параметров модели.
6. Модели рациональности поставщика.
  - 6.1. Строго рациональный поставщик.
  - 6.2. Ограниченно рациональный поставщик.
  - 6.3. Нерациональный поставщик.
  - 6.4. Критерии успешности решения основной задачи синтеза для различных моделей рациональности поставщика.
7. Выводы.

## 1. Общая характеристика работы

### 1.1. Объект и предмет исследования

Объект исследования: система взаимодействия заказчика и поставщика услуг ЦОВ, описанная в работах автора [1, 2]. Как следует из указанных работ, для каждого конкретного заказчика и поставщика услуг ЦОВ статистические характеристики потока обрабатываемых вызовов и состав обрабатываемой информации уникальны; условия взаимодействия заказчика и поставщика для каждой конкретной системы также уникальны, поскольку определяются условиями договора между заказчиком и поставщиком. Следовательно, каждая конкретная система, принадлежащая данному классу, *уникальна*.

Также следует отметить, что заказчик по определению не обладает всей полнотой информации о параметрах подсистемы поставщика в составе объединяющей заказчика и поставщика системы: ряд параметров подсистемы поставщика он может лишь предполагать гипотетически (например, зависимость себестоимости услуг поставщика и его прибыли от качества оказываемых поставщиком услуг, степень рациональности поставщика), а другая часть параметров подсистемы поставщика принципиально неизвестна заказчику (например, конкретный состав ресурсов, выделяемых поставщиком для обработки вызовов в ЦОВ и корреляционная матрица связи между выделяемыми ресурсами

и качеством услуг). Таким образом, система взаимодействия заказчика и поставщика услуг ЦОВ обладает свойством *слабопредсказуемости*.

Особенностью рассматриваемой системой является то, что как подсистема заказчика, так и подсистема поставщика в составе рассматриваемой системы решают различные, но взаимоувязанные задачи: подсистема заказчика – получение услуг с наибольшей ценностью; подсистема поставщика – получение максимально возможной прибыли. Следовательно, рассматриваемая система обладает свойством *целенаправленности*.

Как следует из работы [3], система взаимодействия заказчика и поставщика услуг ЦОВ, обладая описанными выше тремя качествами, является *сложной системой*.

Предмет исследования: *структура и параметры описания задач управления качеством услуг ЦОВ и принятия решений по управлению ресурсами ЦОВ методом экономической эффективности в сложной системе взаимодействия заказчика и поставщика услуг ЦОВ*.

## 1.2. Цель, задачи работы

Цель работы: построение структурно-параметрической модели *сложной системы* взаимодействия заказчика и поставщика услуг ЦОВ для эффективной двусторонней *обработки информации* абонентами и операторами ЦОВ.

Задачи работы:

- 1) описание параметров взаимоотношений заказчика и поставщика;
- 2) описание общей структуры модели;
- 3) формирование модели заказчика;
- 4) формирование модели поставщика;
- 5) описание параметров модели;
- 6) описание моделей рациональности поставщика.

## 1.3. Экономическая основа взаимоотношений заказчика и поставщика

Границы исследования определяются рассматриваемой схемой взаимоотношений заказчика и поставщика, закрепленной договором между ними на поставку услуги и техническим заданием к нему:

1. Заказчик самостоятельно формирует требования к необходимым услугам ЦОВ, включающие в себя численную оценку качества услуг, измеримую объективно (техническими средствами), а также границы диапазона данной оценки.
2. Услуги ЦОВ рыночные, то есть заказчик может выбирать поставщика услуг из нескольких профильных организаций. Перед подготовкой проекта договора заказчик производит мониторинг рынка данной услуги и по итогам мониторинга получает среднерыночные значения стоимости единицы услуги с минимально приемлемым и максимально возможным (или требуемым) качеством.

3. Заказчик заключает с поставщиком договор на оказание услуг ЦОВ на период от нескольких месяцев до нескольких лет. В договоре определен расчетный период (например, календарный месяц). По итогам расчетного периода заказчик производит приемку оказанных исполнителем услуг ЦОВ (то есть оценку их характеристик): определяет их качество и стоимость исходя из качества. При недостижении максимального качества заказчик уменьшает стоимость услуг за счет штрафных санкций, величина которых обратно зависит от качества. Зависимость величины штрафных санкций от значения оценки качества указана в договоре.
4. Услуги ЦОВ квантуются на однородные единицы услуги. Договором определена единичная расценка – цена единицы услуг. Начальная (до применения штрафных санкций) стоимость оказанных услуг определяется как произведение количества единиц предоставленных услуг на единичную расценку. Сумма к оплате за предыдущий период составляет начальную стоимость минус штрафные санкции и выплачивается заказчиком поставщику в начале каждого следующего отчетного периода.
5. Суммарный объем предоставляемых поставщиком услуг во все отчетные периоды в течение срока действия договора меняется в пределах, в которых для поставщика зависимость себестоимости единицы услуги от ее качества можно считать постоянной без поправок на инфляцию и иные возмущающие факторы.
6. Условия договора между заказчиком и поставщиком неизменны в течение срока его действия.
7. Расходы заказчика и поставщика на определение значения оценки качества услуг считаются незначительными относительно себестоимости услуг и не учитываются в модели.
8. Заказчик получает услуги ЦОВ только от одного поставщика. Поставщик либо предоставляет услуги ЦОВ только заказчику, либо управляет качеством услуг ЦОВ для заказчика независимо от услуг ЦОВ, предоставляемых иным своим контрагентом.

Данные границы исследования и определяющая их схема вполне отвечают рыночной практике предоставления услуг ЦОВ и подробно рассмотрены в работах автора [1, 2].

## **2. Модель объекта исследования**

### **2.1. Параметры взаимоотношений заказчика и поставщика**

Экономическая основа взаимоотношений заказчика и поставщика, положенная в основу разрабатываемой модели, подробно описана в работе автора [1] и опирается раскрытый в работе [4] метод под названием «Экономическая

эффективность управления качеством», в свою очередь развивающий метод, предложенный в работе [5].

В работе [4] показывается графически, как достигается экономически обоснованный уровень качества. В данном методе для каждой конкретной оценки качества это максимальная прибыль поставщика (определяемая как разность между функцией стоимости услуги и функцией цены, которую платит заказчик) либо (для частных случаев) максимальное отношение между ценой услуги с заданной оценкой качества и ее себестоимостью для поставщика – см. рис. 1 из работы [4]. На данном рисунке:  $K$  – численная оценка качества услуги;  $Z(K)$  – функция затрат (себестоимость услуги для поставщика);  $P(K)$  – функция стоимости (цена услуги, которую платит заказчик);  $\Delta\mathcal{E}(K)$  – прибыль поставщика.

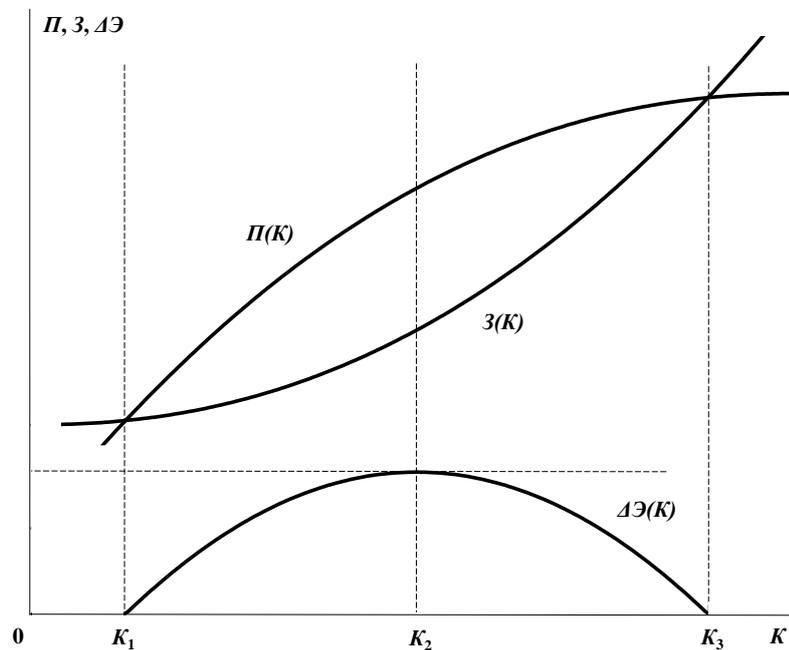


Рис 1. Экономически обоснованный уровень качества

В соответствии с разделом 1.3, заказчик и поставщик имеют различную информированность и разные возможности влияния на каждую из кривых: затрат и стоимости. Функция затрат, т.е. численная зависимость себестоимости услуги от ее качества достоверно известна поставщику. Также поставщику из условий договора с заказчиком известна определенная заказчиком функция стоимости. То есть у поставщика есть полная информация, позволяющая точно рассчитывать и достоверно прогнозировать свою прибыль как функцию качества предоставляемых услуг ЦОВ. Заказчик при этом не владеет полной информацией о параметрах функции себестоимости поставщика и может только оценивать ее гипотетически исходя из своего знания рынка услуг ЦОВ. Но при этом он, готовя закупочную процедуру на требуемую услугу, может исходя из собственных соображений самостоятельно выбрать конкретный вид функции стоимости для всех промежуточных значений оценки качества между минимальным и максимальным.

Далее в модели указанная выше функция затрат  $Z(K)$  обозначается как себестоимость услуг ЦОВ  $s$ , функция стоимости  $P(K)$  – как стоимость  $c$ , прибыль поставщика  $\Delta E(K)$  – как прибыль  $p$ . Аргументами данных функций в зависимости от контекста могут быть значение оценки качества ЦОВ, получаемой заказчиком от поставщика; значение ранжированной оценки качества значение функции качества (интегрального показателя качества услуг ЦОВ). В каждом конкретном случае аргумент каждой из указанных функций в тексте указывается явно.

## 2.2. Общая структура модели. Уровни А-0 и А0

Построение модели объекта исследования производится *методом структурно-параметрического синтеза сложной системы*, состоящей из объекта (ЦОВ, непосредственно обеспечивающий услуги информационного обмена) и субъектов (поставщик услуг, организующий работу ЦОВ как собственной или субподрядной структуры; заказчик услуг ЦОВ, получающий их от поставщика).

Основные параметры организации деятельности субъектов указаны в разделе 2.1: это себестоимость услуг, ЦОВ, их стоимость и прибыль поставщика. Они определяют верхнеуровневую структуру модели. Производные и производящие параметры модели, формирующие либо описывающие структуру ее функциональных блоков при декомпозиции, описываются на соответствующих уровнях декомпозиции. Для построения модели объекта исследования выбрана широко распространенная методология IDEF0 (см. работы [6, 7]). На нижнем уровне декомпозиции функциональных блоков описание элементарных операций производится по методологии IDEF3 (см. работу [7]). Согласно требованиям методологии IDEF, в модели указаны все связи, которые обеспечивают выполнение действий. Те действия и связи, которые в дальнейшем формируют формализованный контур управления, моделируемый впоследствии математически, будут особо выделены.

При построении модели перед описанной выше фазой синтеза используется *метод структурного системного анализа*, который согласно [8] представляет из себя «... метод исследования системы, который начинается с ее общего обзора и затем детализируется, приобретая иерархическую структуру со все большим числом уровней».

Верхний уровень модели А-0 приведен на рис. 2. На нем отражено основное действие – «Осуществить эффективный информационный обмен с клиентами, звонящими в ЦОВ». Единственный вход данного действия – «Поток входящих вызовов». Управляется основное действие двумя воздействиями «Рыночная практика предоставления услуг ЦОВ» и «Специфика хозяйственной деятельности поставщиков услуг ЦОВ». Их состав и назначение будет раскрыто при последующей декомпозиции. Единственный выход основного действия по определению является результатом его выполнения: «Эффективный информационный обмен с клиентами, звонящими в ЦОВ».

Механизмы исполнения, которые в данной модели согласно работе [7] означают необходимые для выполнения действий ресурсы, делятся на две группы. Первая группа – это лица, принимающие решения (ЛПР) заказчика (ЛПРЗ) и поставщика (ЛПРП). Их роли в выполнении действий будут раскрыты при декомпозиции модели. В целом ЛПР обеспечивают принятие решений, определяющих правила взаимодействия заказчика и поставщика, а также регулирование качества услуг ЦОВ. Под ЛПР не обязательно понимаются физические лица заказчика и поставщика, выполняющие соответствующие действия единолично. Это собирательные названия сотрудников (руководителей, структурных подразделений) обоих субъектов взаимодействия, обеспечивающих с обеих сторон принятие решений по вопросам в отношении действий, которые ЛПР обеспечивают в модели как человеческие ресурсы, входя при этом в понятие «механизмы» (см. работу [7]).

Вторая группа – это ресурсы, необходимые обоим субъектам взаимодействия для выполнения повторяющихся рутинных операций: обработка потока входящих вызовов, автоматизированное формирование оценки качества ЦОВ, автоматизированный расчет показателей качества и эффективности обработки информации в ЦОВ и расчета стоимости услуг.

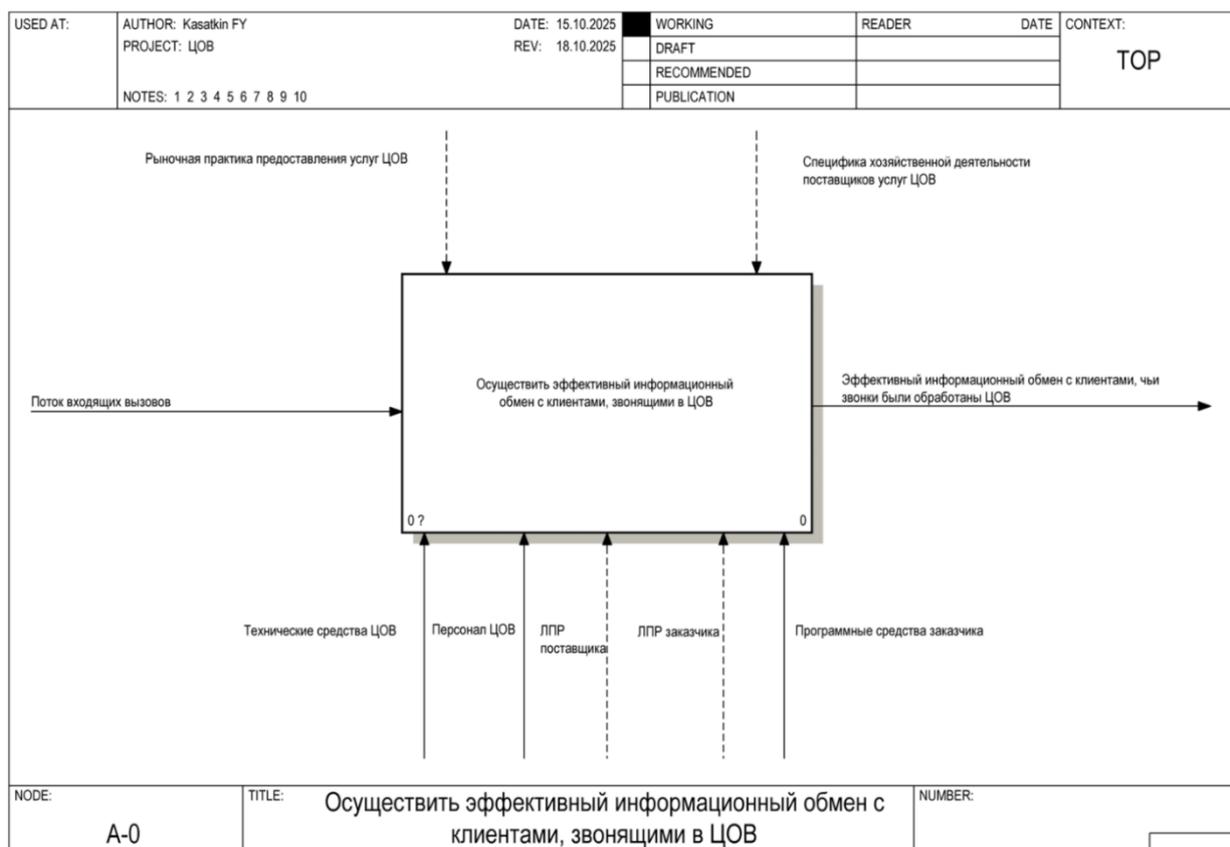


Рис. 2. Верхний уровень модели

На следующем уровне А0, показанном на рис. 3, модель декомпозируется на действия субъектов взаимодействия: заказчика и поставщика. Основное действие заказчика: за счет эффективной оценки качества услуг получить квази-

оптимальную ценность услуг и оценку качества услуг, максимально близкую к середине диапазона возможных значений. На данном уровне возникают 4 новых связи: «Оценка качества услуг ЦОВ», «Условия договора на предоставление услуг», «Оплата за оказанные услуги ЦОВ», «Ценность услуг». Первые 3 связи в общем виде обозначены в разделе 1.3 (пп. 1; 3, 6; 4 соответственно). Определение и вид функции ценности услуг  $v$  подробно раскрыты для частного случая скалярной оценки качества услуг ЦОВ в работе автора [1]. Укрупненно функция ценности услуг  $v$  – это показатель, отражающий кардинальную ценность полученных от поставщика услуг для заказчика, агрегирующий ординальную ценность качества услуг ЦОВ  $q$  (см. работу автора [2]) и их стоимость  $s$ . Различие между ординальными (относительными) и кардинальными (абсолютными) предпочтениями заказчика, а также их соответствующими оценками наглядно раскрыто в работах [11, 12].

Следует отметить, что так как единственный вход модели «Поток входящих вызовов» обрабатывает поставщик, то действие поставщика A1 по правилам IDEF0 предваряет действие заказчика A2 (см. рис. 2). Вместе с тем, как указано в разделе 1.3, модель в целом строится «от заказчика», который играет ведущую роль во взаимодействии с поставщиком. Поэтому ниже декомпозиция модели начинается с действия A2 заказчика, а действие A1 поставщика рассматривается позже.

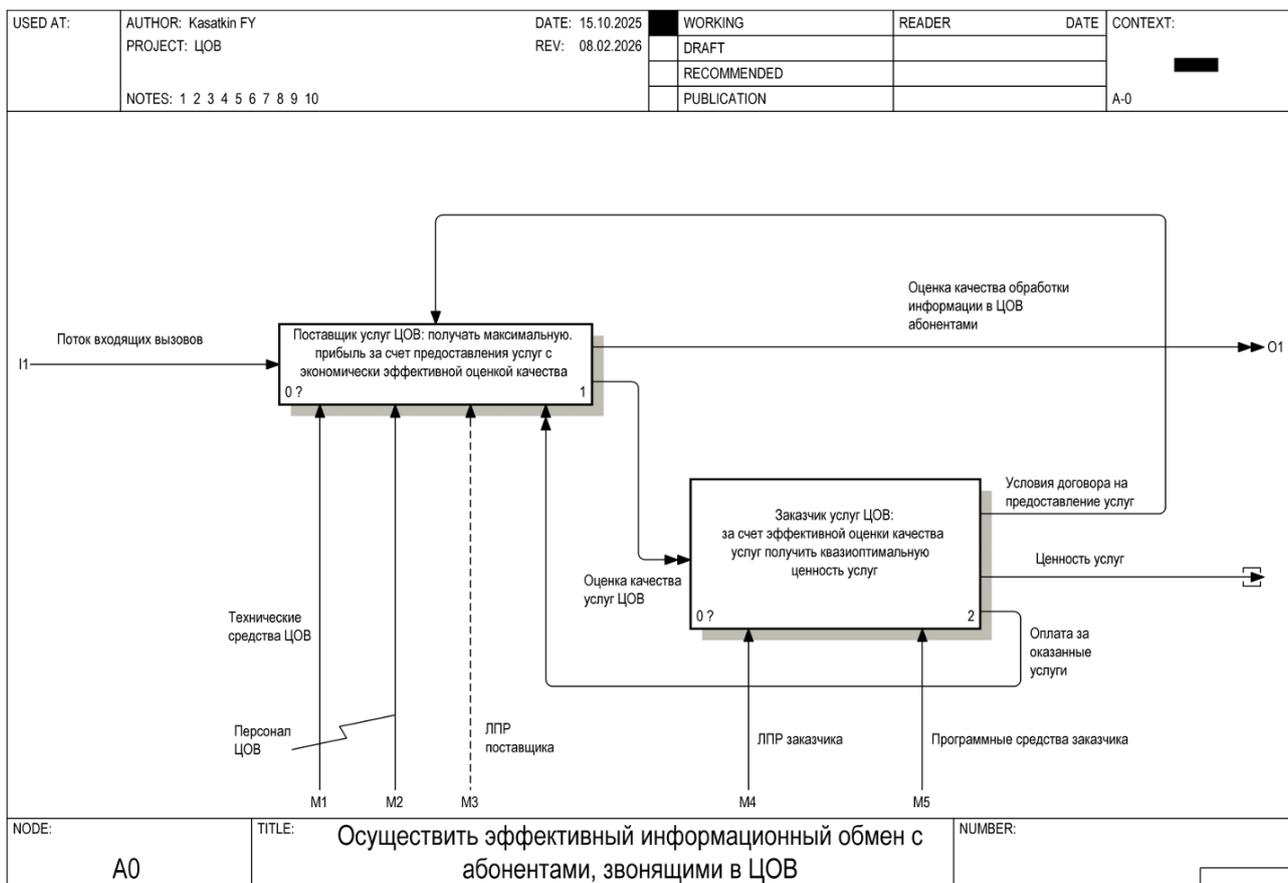


Рис. 3. Субъекты взаимодействия: поставщик и заказчик услуг

### 3. Модель заказчика услуг. Уровень А2

Декомпозиция модели заказчика услуг А2 отражена на рис. 4. На ней отражены как предваряющие оказание услуг действия (подготовка и заключение договора с поставщиком), так и обязательства заказчика перед поставщиком в ходе исполнения договора обоими субъектами взаимодействия. Вновь возникшие на данном уровне связи будут раскрываться при описании соответствующих блоков (действий).

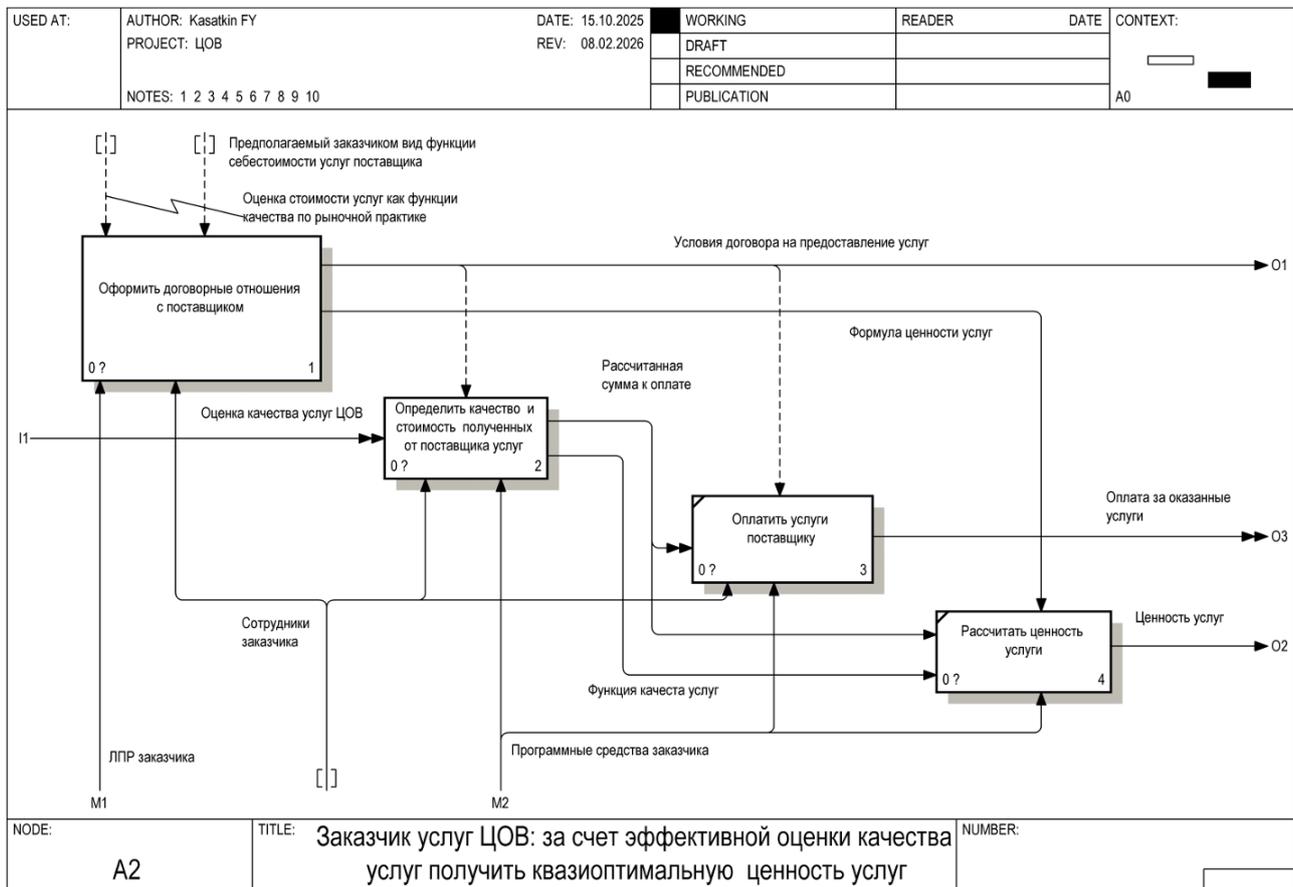


Рис. 4. Модель заказчика услуг

#### 3.1. Подготовка и заключение договора на услуги ЦОВ. Уровень А21, действие № 1

Действие «Оформить договорные отношения с поставщиком» подразумевает комплекс подготовительных операций, которые необходимо выполнить до начала получения услуг ЦОВ. Эти операции описаны в пп. 1–3 раздела 1.3 и декомпозируются на уровне А21, отраженном на рис. 5.

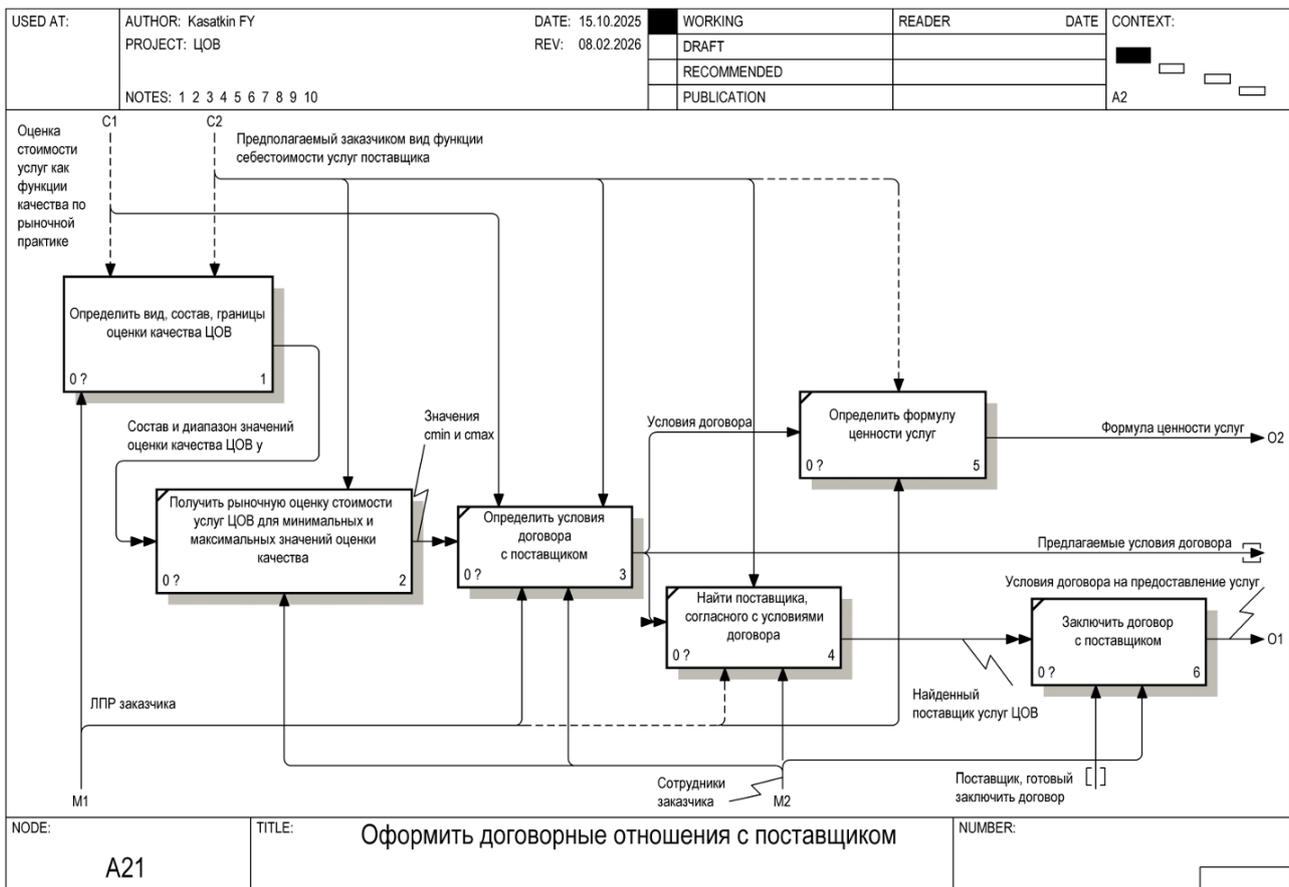


Рис. 5. Декомпозиция действий по подготовке и заключению договора

### 3.1.1. Выбор параметров оценки качества. Уровень A211.1

Первое действие уровня A21 – «Определить вид, состав, границы оценки качества ЦОВ» – декомпозировано на уровне A211.1, отраженном на рис. 6. Оно выполняется лично ЛПРЗ как единственным механизмом данного действия и подразумевает, что ЛПРЗ в соответствии с п. 1 раздела 1.3 определяет, какой набор информации, автоматически создаваемой техническими средствами ЦОВ, требуется ему для того, чтобы составить максимально достоверное (в значении [9]) мнение о фактическом качестве услуг ЦОВ  $x$ , которое оценивают для себя абоненты, чьи вызовы были обслужены в ЦОВ. Необходимость использования автоматически создаваемого набора информации для оценки  $x$  вызвана крайней затруднительностью или даже невозможностью для ЛПР непосредственно оценить  $x$ . Данный вопрос, включая возможный состав оценки  $y$ , ее вид и границы диапазона значений, подробно раскрыт в работах автора [1, 2]. Здесь отметим только то, что оценка качества ЦОВ может быть как скалярной  $y$  (наиболее часто она при этом отражает долю обслуженных ЦОВ за отчетный период вызовов – см. работу автора [1]), так и векторной  $y$  (см. работы автора [2, 10, 11]). Формально действия ЛПРЗ по выбору скалярной и векторной оценки разделяются шлюзом «Исключающее ИЛИ» J1, а конечный результат выполнения действия для обоих его вариантов формально объединяется шлюзом J2. Далее без ограничения общности при описании модели в тексте (если не указано иное) подразумевается векторная оценка качества  $y$ , подчер-

гающаяся ранжированию с преобразованием в вектор  $z$  (см. рис. 7 – действие 11 на уровне A22.1). Подробное описание процедуры ранжирования  $y \rightarrow z$  применительно к оценке качества услуг ЦОВ приведено в работе автора [2].

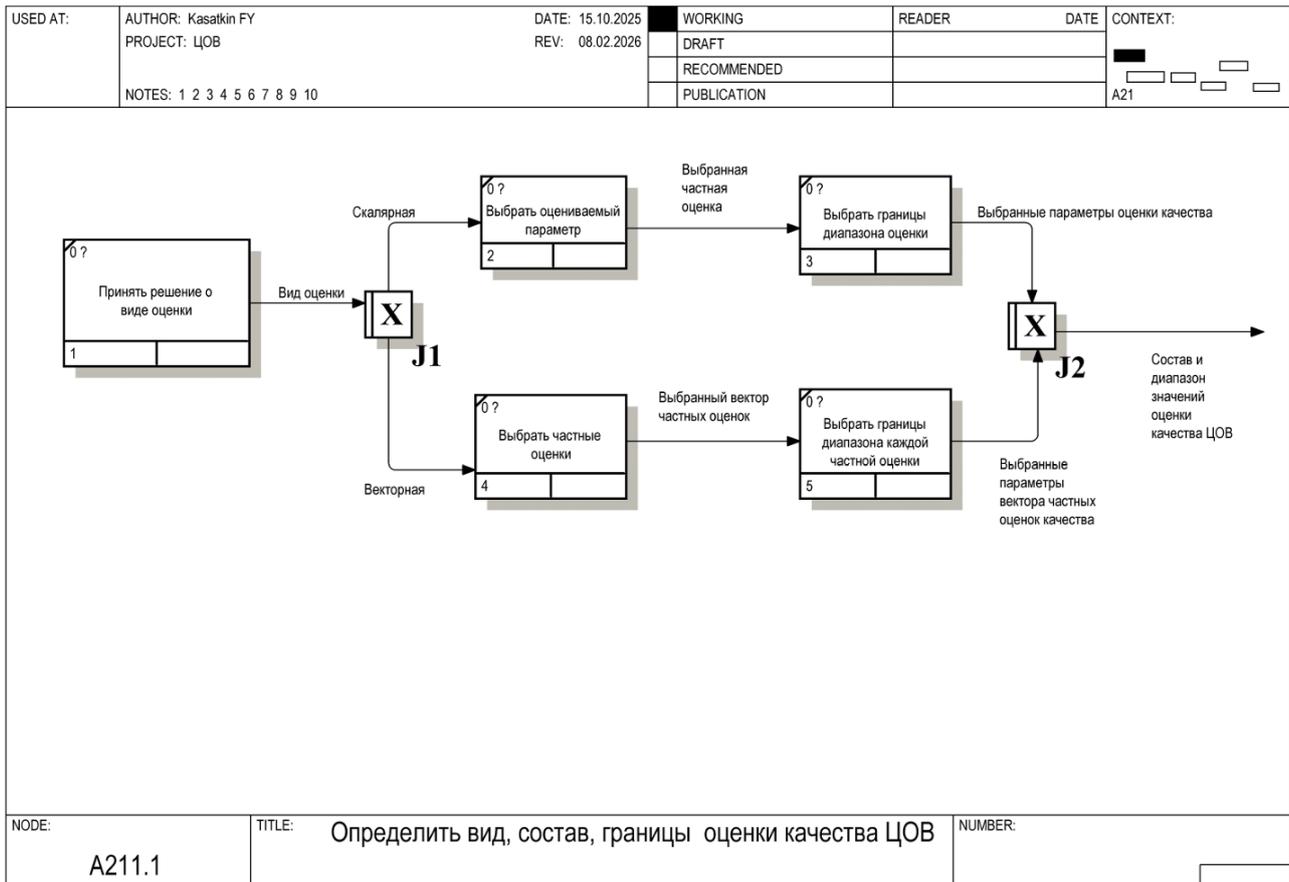


Рис. 6. Определение вида, состава, границ оценки качества ЦОВ

Управляющие воздействия: «Рыночная практика предоставления услуг ЦОВ» и «Специфика хозяйственной деятельности поставщиков услуг ЦОВ» нужны ЛПРЗ как источники информации для эффективного (в значении согласно [9]) выбора состава и границ оценки качества ЦОВ. Выход действия и вход следующего действия – «Состав и диапазон значений оценки качества ЦОВ».

### 3.1.2. Прочие действия уровня A21

Далее согласно п. 2 раздела 1.3 следуют действия №№ 1, 2 (см. рис. 4): мониторинг рынка услуг ЦОВ и определение стандартными методами рыночной оценки стоимости услуг ЦОВ для двух крайних значений оценки качества: минимального  $y_{\min}$  и максимального  $y_{\max}$  (для вектора  $y$  – крайних значений всех частных оценок в его составе одновременно). Выполняемое действие «Получить рыночную оценку стоимости услуг ЦОВ для минимальных и максимальных значений оценки качества» является рутинным и выполняется механизмом «Сотрудники заказчика». Вход действия – выход предыдущего действия «Рыночная оценка стоимости услуг с граничными значениями оценки качества».

Выход действия – стоимость услуг с минимальным качеством  $c_{\min}$  и с максимальным качеством  $c_{\max}$ .

Следующее действие № 3 – «Определить условия договора с поставщиком». Абстрагируясь от формулировок и отражения в проекте договора условий хозяйственных отношений заказчика и поставщика, важно указать, что в контексте предмета исследования ЛПРЗ данным действием определяет зависимость функции качества  $q$  и, следовательно, стоимости услуг  $c$  от скалярной оценки качества  $u$  либо ранжированной векторной оценки качества  $z$ . Тем самым обеспечивается эффективность (с точки зрения ЛПРЗ) услуг обработки информации в ЦОВ.

В работе автора [1] для частного случая скалярной оценки  $u$  показано, как эффективный (по выбранному ЛПРЗ критерию) выбор вида  $q(u)$  обеспечивает квазиоптимальную ценность услуг ЦОВ  $v(u)$  за счет экономической мотивации поставщика. Подробно понятие функции ценности услуг  $v$  будет раскрыто ниже в разделе 3.3.

Действия №№ 4 и 6 выполняются последовательно и обеспечивают исполнение п. 4 раздела 1.3. Их результатом является заключенный между заказчиком и поставщиком договор на поставку услуг ЦОВ. Действием № 5 ЛПРЗ формирует для себя вид функциональной зависимости ценности полученных услуг  $v(q, c)$  от их качества  $q$  и стоимости  $c$ , описываемой ниже в разделе 3.3. Тем самым завершается выполнение всех предварительных мероприятий, результатом которого является заключенный между заказчиком и поставщиком договор на услуги ЦОВ.

### 3.2. Определение характеристик получаемых по договору услуг. Уровень А22.1

После заключения договора поставщик оказывает услуги ЦОВ, а заказчик в соответствии с п. 3 раздела 1.3. по окончании каждого отчетного периода осуществляет приемку оказанных услуг, то есть по полученной техническими средствами ЦОВ оценке качества  $u$  определяет штрафные санкции за недостижение максимального качества услуг, определяет фактическую стоимость услуг и оплачивает ее поставщику. Далее в соответствии с общепринятой рыночной практикой без ограничения общности под расчетным периодом понимается календарный месяц. Действие № 2 уровня А2 «Определить качество  $q$  и стоимость  $c$  полученных от заказчика услуг» раскрыто на рис. 7.

Как указывалось в п. 3.1.1, первым действием заказчика перед подготовкой договора на услуги ЦОВ (действие № 1 на уровне А21) должно быть определение вида оценки качества (скалярная  $u$  или векторная  $y$ ), состава оценки (какой частный показатель для  $u$  или показатели для  $y$  входят в нее) и границы возможных значений. Выбранную оценку заказчик получает от поставщика окончании каждого календарного месяца и с ее помощью оценивает значение скалярной переменной – функции качества  $q$ . ЛПРЗ выбирает вид функции качества  $q(z)$  таким образом, чтобы для него значение  $q$  являлось кардинальной оценкой качества (см. работу [12]) услуг ЦОВ за истекший месяц. Для этого

ЛПРЗ выбирает функциональную зависимость  $q(z)$  так, чтобы она отражала положительно-разностную структуру его предпочтений (см. работы [12, 13]): из  $q(z_1) > q(z_2)$  следует, что  $z_1 > z_2$  (т.е.  $q(z)$  отражает ординальные предпочтения ЛПРЗ), и дополнительно из  $q(z_1) - q(z_2) > q(z_3) - q(z_4)$  следует, что с точки зрения ЛПРЗ прирост качества при переходе от  $z_2$  к  $z_1$  больше, чем при переходе от  $z_4$  к  $z_3$ .

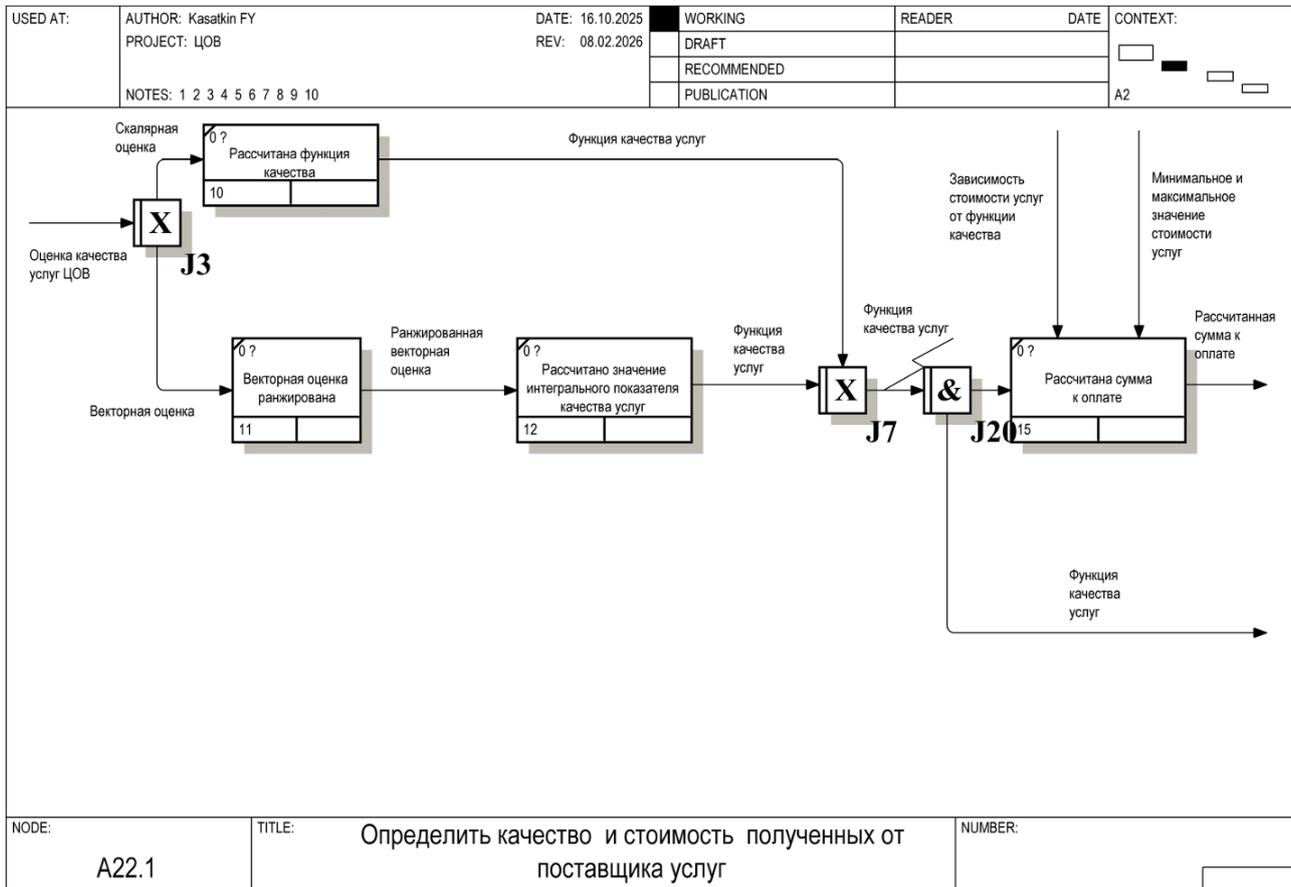


Рис. 7. Определение характеристик полученных услуг

Кардинальная оценка качества характеризует для ЛПРЗ абсолютную меру качества услуг ЦОВ в рамках гедонического подхода, раскрытого в работе [14] как взаимосвязь цены услуги с набором ее потребительских качеств. В данном случае под потребительскими качествами услуг ЦОВ понимается мнение ЛПРЗ о фактической удовлетворенности  $x$  абонентов, осуществивших за прошедший месяц информационный обмен с операторами ЦОВ, качеством обработки их информации. Как указывалось в разделе 3.1.1, оценка  $x$  недоступна ЛПРЗ непосредственно; ее значение определяется косвенно через значение оценки  $y$  (или вектора  $y$ ). Применительно к предмету исследования кардинальная оценка  $q$  качества услуг как указано в п. 3.1.2 определяет зависимость стоимости услуг ЦОВ за предыдущий месяц  $c(q)$  от значения оценки качества  $q$ . Из этого также следует, что  $c(q)$  в рамках описанного в работе [15] подхода «Готовность заплатить» является денежным критерием кардинальной оценки качества  $q$  и должна удовлетворять двум условиям ее применимости, указанным в данной работе.

ЛПРЗ должно проверять выполнение данных условий при выборе вида функции  $s(q)$ .

На рис. 7 изображен общий случай, отражающий как скалярную оценку качества  $u$ , так и векторную  $y$ . Эти два варианта формально отделены шлюзом «Исключающее ИЛИ» J3. В случае скалярной оценки  $u$  дальнейшие действия заказчика описаны в работе автора [1] и подразумевают непосредственное формирование функции качества  $q(y)$  путем нормирования  $y$  к диапазону  $[0; 1]$  (действие № 10). Как показано в работе автора [1], такой вид  $q(y)$  обеспечивает поставщику экономическую заинтересованность в поставке услуг ЦОВ, ценность которых для заказчика квазиоптимальна:  $v = v_{\text{копт}}$  (определение  $v_{\text{копт}}$  см. ниже в разделе 3.3).

В случае векторной оценки  $y$  необходима ее предварительная обработка действием № 11 перед формированием действием № 12 интегрального показателя качества услуг  $q$ . Состав предварительной обработки зависит от выбранного способа формирования интегрального показателя качества. В случае построения интегрального показателя качества методом некомпенсаторного порогового агрегирования (см. работу автора [2]) производится ранжирование компонент вектора  $y$ , и вектор  $z$  как результат действия № 11 представляет собой вектор ранговых частных оценок качества [2]. В случае использования широко распространенного интегрального показателя качества, построенного методом взвешенной суммы критериев (см. работу [16]), действие № 11 может предполагать как нормировку всех компонент вектора  $y$  к диапазону  $[0; 1]$  аналогично скалярной оценке качества, так и описанное выше ранжирование  $y$  с формированием вектора ранговых частных оценок  $z$ .

Действие № 12 предполагает скаляризацию обработанного вектора частных оценок  $z$  в интегральный показатель качества  $q(z)$ , который аналогично функции качества  $q(y)$  является кардинальной оценкой качества услуг ЦОВ. Выполняемые в данном действии операции зависят от выбранного ЛПРЗ способа формирования интегрального показателя качества услуг.

Найденное значение кардинальной оценки качества далее используется в модели путем формального объединения двух вариантов ее расчета (для скалярной оценки  $u$  и векторной  $y$ ) с помощью шлюза «Исключающее ИЛИ» J7. Далее оно используется в действии № 15 «Расчитана сумма к оплате», результатом которого, как указывалось выше, является сумма услуг за прошедший месяц  $s(q)$ , подлежащая далее оплате поставщику. Значение  $q$  далее при необходимости используется ЛПРЗ для определения ценности полученных услуг  $v$ , описанного в следующем разделе.

Последующее действие № 3 уровня A2 «Оплатить услуги поставщику» формально отражает исполнение заказчиком условий договора с поставщиком, носит технический характер, не описывается в модели объекта исследования и, соответственно, далее подробно не раскрывается.

### 3.3. Расчет ценности получаемой услуги. Уровень А2, действие № 4

Ценность получаемой услуги как функция ее качества  $v(q, c(q)) = v(q)$  определяет меру удовлетворенности ЛПРЗ конкретным вектором частных оценок  $y$ , полученным по итогам истекшего отчетного месяца и агрегирует качество услуги  $q$  и ее стоимость  $c$ . Вербальное описание функции ценности услуги приводится в работе автора [1]: «Кроме численной оценки качества, заказчик также принимает во внимание заплаченную за услугу цену. Количественной мерой удовлетворенности заказчика стоимостью услуги служит экономия на стоимости услуги. При этом так же, как и для численной оценки качества, заказчик равно не заинтересован как в максимальной, так и в минимальной экономии. Очевидно, что максимальной экономии отвечает минимальное качество – что не устраивает заказчика по определению. Минимальной экономии отвечает качество, близкое к максимально возможному – что вызывает избыточные расходы для заказчика. Поэтому реальной целью для численного значения экономии является ее значение, соответствующее реальной цели для численной оценки качества». Определение реальной цели приводится в работе [17]. Функция ценности  $v$  не входит непосредственно в условия договора между заказчиком и поставщиком услуг и служит для собственных нужд ЛПРЗ (см. [1]).

Так как достаточной реальной целью заказчика согласно работам автора [1, 2] является получение значения  $q \approx 0,5$ , и желаемое поставщиком значение  $q$ , максимизирующее его прибыль ( $K_1$  на рис. 1) также находится примерно посередине диапазона значений  $q$ , назовем желаемое поставщиком значение  $q$  квазиоптимальным для заказчика:  $q_{\text{копт}}$ . При этом, с точки зрения заказчика, для поставщика  $q_{\text{копт}}$  является оптимальным значением функции качества, к достижению которого поставщик будет стремиться (данный вопрос подробно раскрыт ниже).

Укрупненное вербальное описание действий заказчика по получению квазиоптимального значения ценности услуг следующее. Как указывалось в описании границ исследования, заказчик не может непосредственно влиять на качество услуг и стремится за счет эффективного выбора условий договора с поставщиком услуг максимально приблизить  $q_{\text{копт}}$ , выгодное поставщику, к  $q_{\text{опт}}$  – оптимальному для заказчика значению функции качества  $q$ , которое обеспечивает заказчику максимальную ценность услуги  $v(q)$ :

$$v_{\text{max}} = \max(v) \mid q \in [0; 1]; q_{\text{опт}} = \arg v_{\text{max}}.$$

Обозначим  $v_{\text{копт}} = v(q_{\text{копт}})$ . Формальным критерием достижения указанной выше цели для заказчика будет выполнение условия:

$$|v_{\text{max}} - v_{\text{копт}}| / v_{\text{max}} < \varepsilon \ll 1. \quad (1)$$

Обозначив  $v_{\text{пор}} = (1 - \varepsilon)v_{\text{max}}$ , выразим формулу (1) как:

$$v_{\text{копт}} > v_{\text{пор}}. \quad (1.1)$$

Конкретное значение порога чувствительности  $\varepsilon$  ЛПРЗ выбирает самостоятельно исходя из субъективной оценки соотношения достигнутого значения  $\varepsilon$  и затраченных на его минимизацию усилий. Исходя из значительного практического опыта автора, для рассматриваемого предмета исследования целесообразен выбор  $\varepsilon \approx 0,1$ .

Подводя итог вышесказанному, в точке  $q = q_{\text{копт}}$  «сходятся» интересы заказчика по получению услуг с значением функции качества, приближающейся к оптимальному:

$$q \rightarrow q_{\text{копт}} \leftrightarrow v_{\text{копт}} \cong v_{\text{max}}$$

и интересы поставщика:

$$q \rightarrow q_{\text{копт}} \leftrightarrow p_{\text{max}}$$

При этом в терминологии работы [17]  $q_{\text{опт}}$  и  $v_{\text{копт}}$  являются идеальными целями заказчика в отношении  $q$  и  $v$ ; а  $q_{\text{копт}}$  и  $v_{\text{копт}}$  – реальными целями. Следует особо отметить, что в литературе по теории принятия решений (в частности, в работе [15]) функция ценности определяется для общего случая: как количественная мера ординальных предпочтений ЛПР. Соответственно, она инвариантна относительно любого монотонно возрастающего преобразования. В данной работе функция ценности  $v$  отражает кардинальные предпочтения ЛПР и не обладает данным свойством.

Вместе с тем, значение описываемой функции ценности  $v$  прямо зависит от меры достижения достаточной реальной цели заказчика по качеству услуги: как указывалось выше, эта цель – получить  $q \approx 0,5$ . Экстраполируя рассмотренный в работе автора [1] случай на векторную оценку качества  $u$ , принимаем  $v(q=0) = v(q=1) = 0$ . В данном случае функция ценности  $v$  для заказчика играет роль описанной в работе [17] функции достижения реальной цели по  $q$  на основе интервального критерия соответствия (так как  $v_{\text{копт}} \cong v_{\text{max}}$ , и, следовательно,  $q_{\text{копт}} \cong q_{\text{опт}}$ ). Интервальный критерий соответствия здесь задается формулой (1). Простейший вид функции достижения реальной цели по  $q$  для данного случая приводится в работе [17] на рис. 5.7.

Проиллюстрируем описанное выше на конкретном примере результатов моделирования для случая скалярной оценки качества услуг ЦОВ  $u$ , взятом из работы автора [1]. На рис. 8 совместно показаны зависимость прибыли поставщика и ценности услуги для заказчика от качества услуги. Для наглядности обозначения аргументов функций приведены в соответствие с используемыми в настоящей работе; значения функций нормированы к диапазону значений  $[0; 1]$  и обозначены  $p^*(q)$  и  $v^*(q)$ ; оценка сложности  $t$  при расчете  $v^*(q)$  не применяется. Рассмотрена функция себестоимости  $s_2(q)$  и линейная зависимость  $c(q)$ ; выбрано значение  $\varepsilon = 0,1$ , что соответствует нормированному значению  $v^*_{\text{пор}} = 0,9$ .

Интервал реальной цели заказчика по  $q$  в данном случае определяется абсциссами точек пересечения кривой  $v^*(q)$  с прямой  $v^* = v^*_{\text{пор}}$ . Из рис. 8 видно, что  $v^*_{\text{max}} = 1$  достигается при  $q_{\text{опт}} = 0,5$ , а  $p^*_{\text{max}} = 1$  достигается при  $q_{\text{копт}} = 0,63$ . При этом  $v^*_{\text{копт}} = v^*(q_{\text{копт}}) = 0,97 > v^*_{\text{пор}}$ . Таким образом, критерий (1.1) выполнен: поставщик для получения максимальной прибыли оказал услугу с ценностью, достаточно близкой для заказчика к максимально возможной.

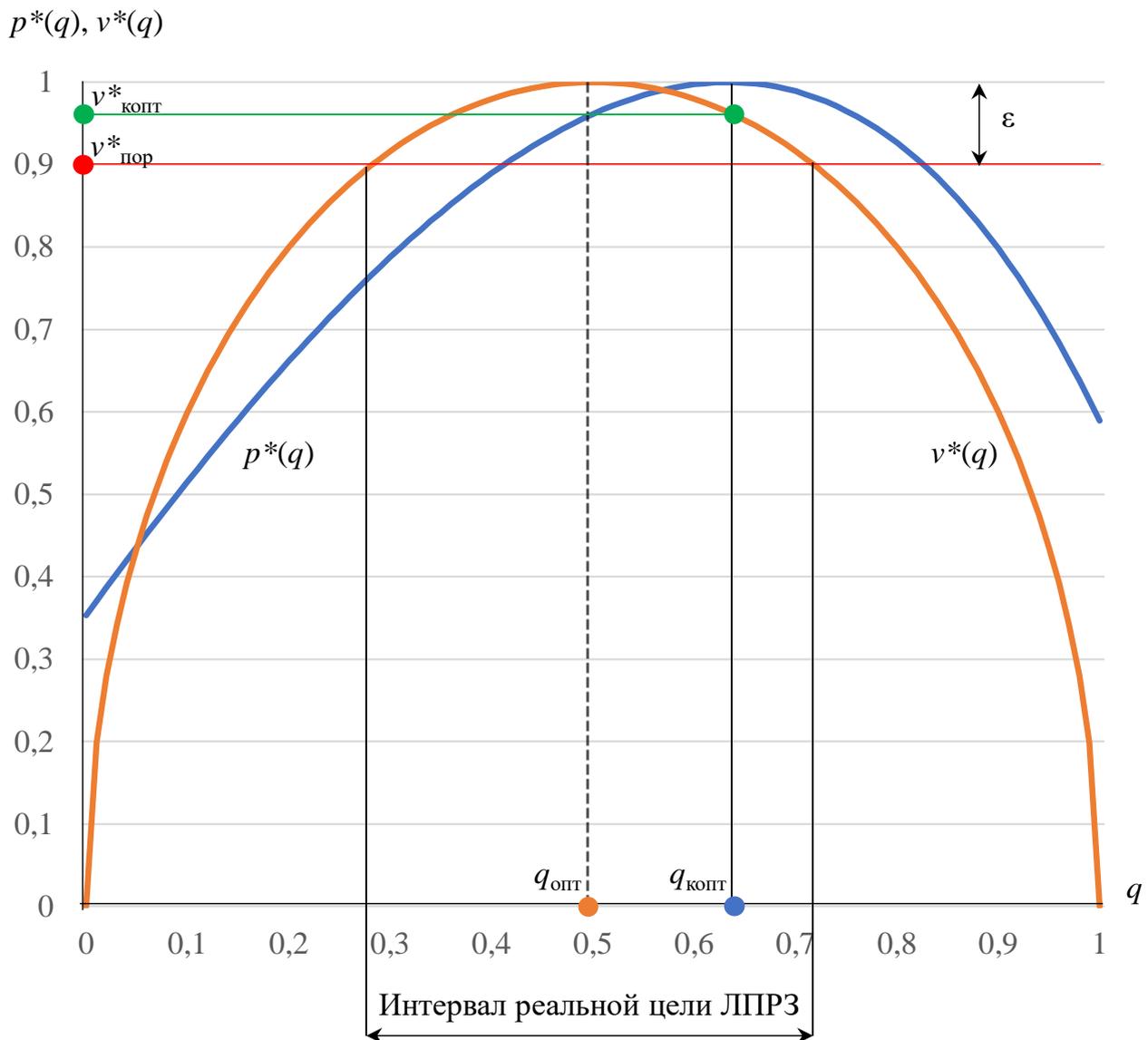


Рис. 8.

## 4. Модель поставщика услуг

### 4.1. Уровень А1

Как указывалось выше, в настоящей работе рассматривается взаимодействие заказчика и поставщика услуг ЦОВ с точки зрения ЛПРЗ. Поэтому модель поставщика услуг значительно компактнее модели заказчика: в нее включены только:

- 1) действия, формально требуемые для подготовки и заключения договора заказчика и поставщика услуг;
- 2) непосредственная обработка информации абонентов операторами ЦОВ;
- 3) формирование оценки качества услуг  $y$  (или  $u$ ) техническими средствами исполнителя;
- 4) управление выделяемыми ЦОВ ресурсами для максимизации прибыли поставщика услуг.

Модель поставщика услуг ЦОВ приведена на рис. 9. Действия поставщика услуг по подготовке и заключению договора с заказчиком в целом обусловлены соответствующими действиями заказчика, подробно описанным в подразделе 3.1, и дают одинаковый для обеих сторон результат: заключенный договор на поставку услуг с известными обеим сторонам условиями. Описание организации обработки входящих вызовов в ЦОВ не является предметом настоящей работы, а формирование оценки качества услуг является чисто технической процедурой. Поэтому действия №№ 1, 3, 4 уровня А1 ниже не описываются; подробно раскрывается только действие №2 как ключевое в рамках используемого метода «Экономическая эффективность управления качеством» (см. подраздел 2.1).

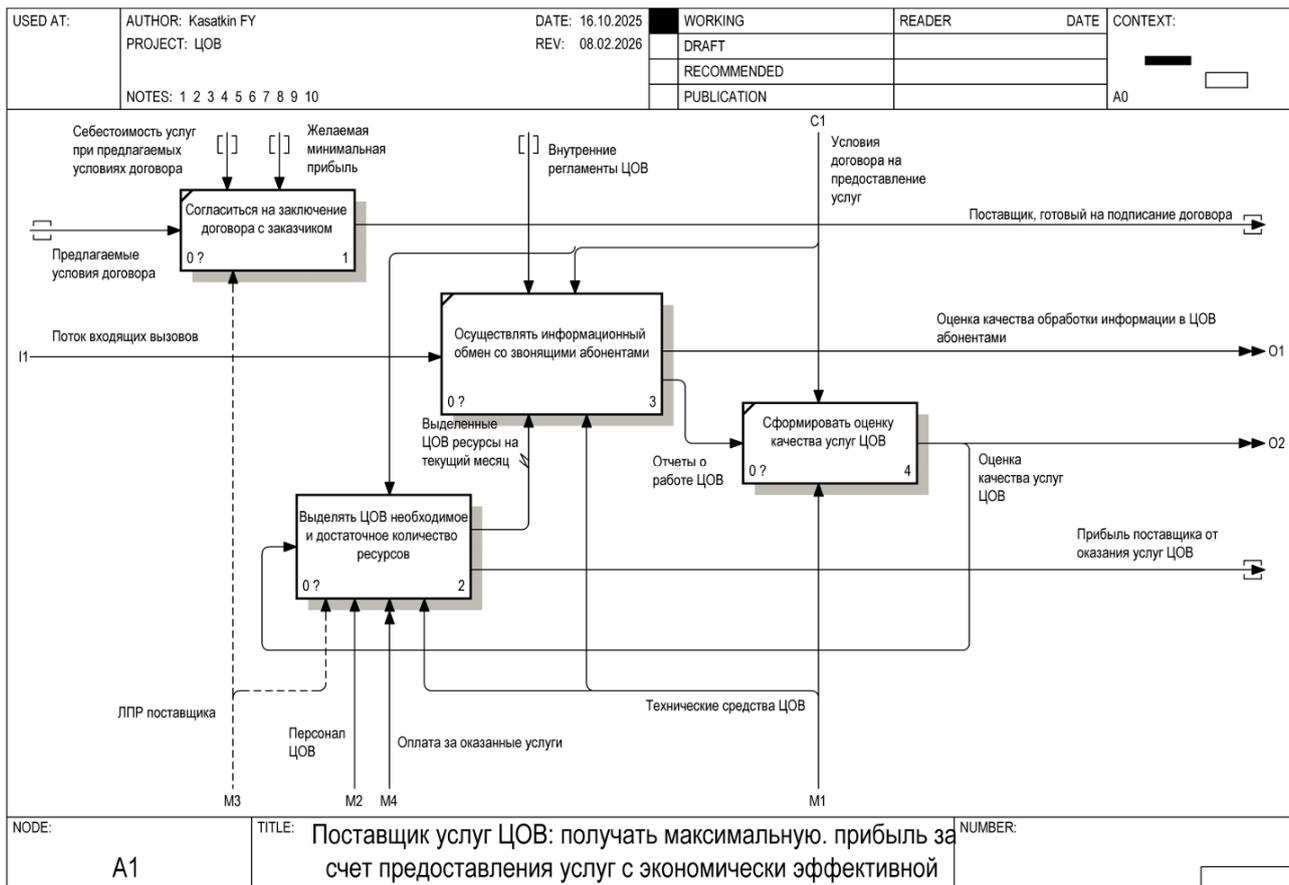


Рис. 9. Модель поставщика услуг

## 4.2. Управление ресурсами ЦОВ для максимизации прибыли. Уровень А12.1

Действие № 2 уровня А1 «Выделять ЦОВ необходимое и достаточное количество ресурсов» отражает стремление поставщика услуг исходя из ожидаемых характеристик потока входящих вызовов выделить такой набор необходимых для обработки вызовов ресурсов ЦОВ, чтобы максимизировать свою прибыль. С точки зрения теории качества моделируемые действия поставщика формируют цикл Деминга-Шухарта PDCA («План/Plan» – «Дело/Do» – «Проверка/Check» – «Действие/Action»), описанный в работе [4].

Действие № 2 уровня А1 декомпозируется на действия, отраженные на рис. 10 (для максимально корректного отражения действий ЛПРП данная модель составлена по методологии IDEF3 [7]). Совокупность данных действий отражает способ, которым поставщик услуг стремится получить прибыль, по возможности близкую к максимально возможной, за счет выделения для своего ЦОВ вектора (набора) ресурсов  $k$ , необходимых и достаточных для получения квазиоптимального (для заказчика) значения функции качества  $q \rightarrow q_{\text{копт}}$ , которое максимизирует прибыль поставщика  $p(q_{\text{копт}}) = p_{\text{max}}$ .

Основным ресурсом в составе  $k$  всегда является количество операторов в смену, так как оно непосредственно влияет на долю принятых ЦОВ вызовов за отчетный период – частную оценку, которая всегда включается в вектор оценок качества ЦОВ  $y$  (см. работы автора [1, 2, 10, 11], а также работы [19, 20]). Также в состав  $k$  могут входить различные ресурсы, непосредственно или опосредованно влияющие на значения различных частных оценок в составе  $y$ . Например, если в составе  $y$  есть частная оценка «Доля вызовов, в которых проблема абонента была полностью решена в ходе первого звонка» (в ГОСТ [18] данный показатель называется  $FCR$ , что означает «Решение с первого звонка» - First Call Resolution), то одним из ресурсов в составе  $k$  будет количество более квалифицированных операторов ЦОВ (супервайзеров), на которых могут переключить вызовы менее подготовленные рядовые операторы: очевидно, что чем больше данный ресурс, тем выше значение  $FCR$ . Так как поток входящих вызовов в ЦОВ на практике всегда существенно нестационарный (см. работу автора [10]), долю принятых ЦОВ вызовов помимо ресурса «Количество операторов в смену» может непосредственно повысить ресурс «Гибкий график работы операторов», который предполагает динамическое управление количеством операторов в зависимости от нагрузки, чтобы обеспечить квазипостоянное время ожидания вызовов в очереди при изменяющейся мощности потока вызовов. ЛПРП может выбирать и другие ресурсы ЦОВ, влияющие на значения выбранных ЛПРЗ частных оценок в составе  $y$  – см., например, работы [19, 20].

Укрупненное вербальное описание последовательности отображенных на рис. 10 действий ЛПРП следующее: это простая цепь Маркова с дискретным временем, в которой ЛПРП в начале каждого  $i$ -го отчетного периода последовательно решает задачи анализа результатов истекшего  $(i - 1)$ -го отчетного периода, а именно:

- выделенные ресурсы ЦОВ  $k_{i-1}$ ;
- достигнутое качество обработки вызовов  $q_{i-1}$ ;
- полученная за услуги оплата  $c_{i-1}$ ;
- себестоимость услуг, рассчитанная по выделенным ресурсам ЦОВ  $s_{i-1}$ ;
- полученная прибыль  $p_{i-1}$ ;
- величина недополученной прибыли  $\Delta p_{i-1} = p_{\text{max}} - p_{i-1}$

и задачи синтеза (расчет количества выделяемых на следующий месяц ресурсов ЦОВ  $k_i$ , необходимого для достижения прибыли с математическим ожиданием, равным максимальной прибыли:  $M(p_i) = p_{\text{max}}$ . Ниже подробно описаны действия ЛПРП в соответствии с их нумерацией на рис. 10.

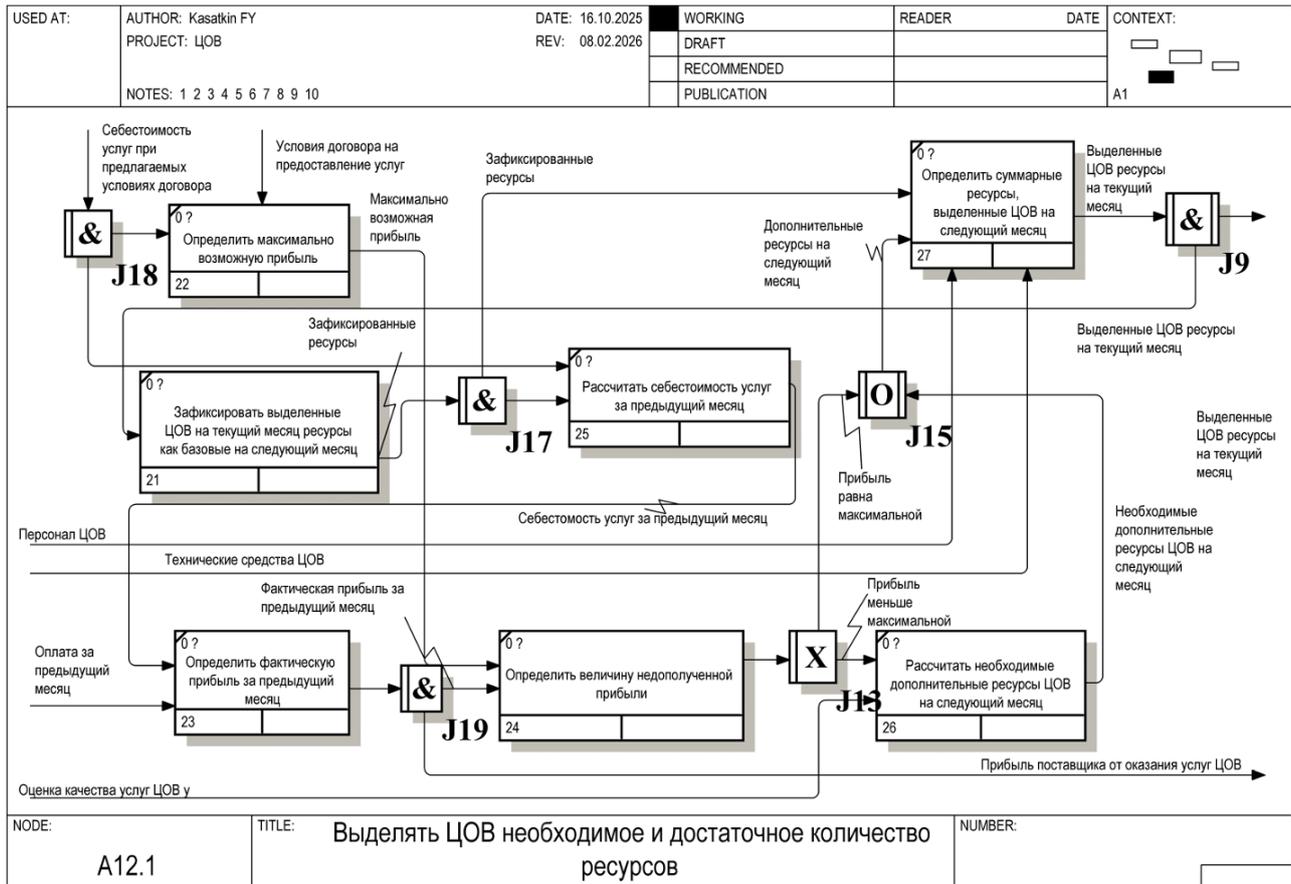


Рис. 10. Выделение поставщиком ресурсов для ЦОВ, необходимых и достаточных для максимизации прибыли

Действие № 22 ЛПРП производит однократно. После заключения договора с заказчиком, готовясь к предоставлению услуг и достоверно зная связь между количеством выделяемых ресурсов ЦОВ и их себестоимостью (см. раздел 2.1), а также ожидаемые характеристики потока вызовов, обрабатываемого ЦОВ (они определены в условиях договора), ЛПРП оценивает максимально возможную для себя прибыль для ожидаемых характеристик потока вызовов и фиксирует ее для себя как целевое (оптимальное) значение, к которому ЛПРП будет стремиться при оказании услуг по договору. Также ЛПРП определяет расчетное значение вектора ресурсов ЦОВ  $k_1$ , которое по его расчетам должно обеспечить максимальную прибыль при ожидаемых характеристиках потока вызовов, и фиксирует  $k_1$  как «стартовое» на первый отчетный период (без ограничения общности на рис. 10 и далее по тексту предполагается, что отчетный период – календарный месяц).

Все остальные действия, отраженные на рис. 10, ЛПРП производит ежемесячно. Последовательность его действий с точки зрения заказчика представляет собой систему автоматического регулирования количества выделяемых ЦОВ на  $i$ -й (последующий) месяц ресурсов по критерию минимума ошибки – недополученной по итогам  $(i - 1)$ -го (предыдущего) месяца прибыли.

Базовое количество выделяемых ресурсов на  $i$ -й месяц равняется количеству выделявшихся на  $(i - 1)$ -й месяц ресурсов  $k_{i-1}$ . Соответственно, действие № 21 представляет собой регистр памяти, в котором запоминается на месяц вперед значение  $k_{i-1}$  как базовое для расчета  $k_i$ . Далее реализуется описанная выше фаза анализа (в терминах систем автоматического управления – расчет величины ошибки управления). Действием № 25 ЛПРП рассчитывает себестоимость  $s_{i-1}$  ресурсов, выделенных на предыдущий месяц, и действием № 23 определяет свою прибыль  $p_{i-1}$ , вычитая из полученной оплаты за услуги обработки вызовов  $c_{i-1}$  себестоимость услуг  $s_{i-1}$ .

Действие № 24 рассчитывает ошибку управления как величину недополученной прибыли  $\Delta p_{i-1} = p_{\max} - p_{i-1}$ . Если  $\Delta p_{i-1} = 0$ , то коррекция выделяемых ресурсов ЦОВ не требуется, и  $k_i = k_{i-1}$ . Если же  $\Delta p_{i-1} < 0$ , то реализуется фаза синтеза (в терминах систем автоматического управления – расчет величины корректирующего воздействия). Действием 26 ЛПРП рассчитывает необходимую величину коррекции выделяемых ресурсов ЦОВ, т.е. дополнительные к базовому количеству  $k_{i-1}$  ресурсы ЦОВ  $\Delta k_i$ , которые по расчетам ЛПРП позволят обеспечить квазиоптимальное значение прибыли  $M(p_i = p_{\max})$  по итогам наступившего месяца. Итоговым действием № 27 рассчитывается выделяемое на данный месяц количество ресурсов ЦОВ:

$$k_i = k_{i-1} + \Delta k_i.$$

Следует отметить, что  $\Delta k_i$  может быть как положительным, так и отрицательным. Например, если  $q_{i-1} > q_{\text{копт}}$ , то  $\Delta p_{i-1} > 0$ . Следовательно, в силу показанного на рис. 1, постулированного в работах [4, 5] и эмпирически подтвержденного в работах [21–23] выпуклого вниз характера функции  $s(q)$ ,  $k_{i-1}$  избыточно и должно быть уменьшено:  $\Delta k_i < 0$ . Данный вопрос для одномерной оценки качества у подробно рассмотрен в работе автора [1].

Рассмотренная на рис. 8 квазистатическая система автоматического управления ресурсами ЦОВ предполагает квазистационарный поток входящих вызовов, обрабатываемых ЦОВ: статистические характеристики данного потока в течение каждого отчетного периода меняются достаточно незначительно для ЛПРП, чтобы допустить перерасчет корректирующего воздействия один раз в месяц. В реальной практике предоставления услуг ЦОВ ЛПРП может осуществлять следящее регулирование (например, ежедневно или еженедельно): если текущий прогноз  $q_{ip}$ , накопленный нарастающим итогом с начала месяца, начинает отклоняться от  $q_{\text{копт}}$  больше, чем принятый ЛПРП порог динамической чувствительности  $\Delta q_d$ , то есть  $|q_{ip} - q_{\text{копт}}| > \Delta q_d$ , то коррекция  $\Delta k_i$  производится незамедлительно. Принятие решения о необходимости следящего регулирования и (при принятии такового) выбор значения  $\Delta q_d$  ЛПРП осуществляет исходя из п. 7 раздела 1.3: соотнося дополнительные расходы на регулярный расчет  $\Delta q$  и возможную при этом минимизацию  $\Delta p_i$ . При следящем регулировании за счет значительного увеличения частоты регулирования, а также его себестоимости (например, при необходимости оперативного увеличения количества операторов в смену и отсутствия резерва операторов необходимо оплачивать сверхурочные расходы имеющимся операторам в двойном размере согласно трудовому законодательству РФ) указанное в п. 7 раздела 1.3 условие

может не выполняться. Дальнейший анализ динамической модели ЦОВ при следящем регулировании выходит за рамки настоящей работы.

Строго говоря, описанная выше последовательность действий поставщика услуг, не является точной моделью действий поставщика, а только лишь упрощенно отражает мнение заказчика о том, что делает поставщик, стремясь к максимальной прибыли. Фактически выполняемая поставщиком последовательность действий более обширна по следующим причинам.

При переходе  $y \rightarrow z \rightarrow q$  происходит редукция кортежа бесконечнозначных количественных шкал значений каждой частной оценки качества в составе  $y$  в кортеж конечнозначных ранговых шкал значений компонент вектора ранжированных оценок  $z$  и далее в конечнозначную количественную шкалу значений скалярной величины  $q$ . Следовательно, в общем случае каждому конкретному значению  $q$  соответствует некое конечное множество значений  $z$  (скаляризация  $z$ ), которому в свою очередь соответствует бесконечное множество значений  $y$  с компонентами, попадающими каждая в свой интервал ранжирования. Поэтому поставщик не может достоверно априорно определить некое значение  $k_{\text{копт}}$ , позволяющее гарантированно достичь  $q_{\text{копт}}$ , и фактически решает задачу итерационной многокритериальной оптимизации, состоящую из следующей последовательности действий (подразумевая квазистационарный поток вызовов, поступающих в ЦОВ):

1. Определить численное значение критерия  $\varepsilon_{\text{п}}$  достижения квазиоптимальной (достаточной) прибыли  $p_{\text{копт}}$ :

$$\Delta p = (p_{\text{max}} - p_{\text{копт}})/p_{\text{max}} < \varepsilon_{\text{п}} \ll 1. \quad (2)$$

2. Сформировать на основе имеющегося опыта предоставления услуг ЦОВ и выбранного заказчиком вектора частных оценок качества ЦОВ  $y$  корреляционную матрицу  $R_{yk}$  векторов  $k$  и  $z$  при ожидаемых параметрах потока входящих вызовов.
3. Зная из условий договора правила ранжирования  $y \rightarrow z$  и скаляризации  $z \rightarrow q$ , трансформировать корреляционную матрицу  $R_{yk}$  в корреляционную матрицу  $R_{zk}$  и далее в корреляционный вектор  $r_{qk}$ .
4. Зная из условий договора зависимость  $c(q)$  и ранее определенный корреляционный вектор  $r_{qk}$ , определить для всех возможных значений  $k$  математическое ожидание функции качества как случайной величины  $Q$   $M(Q|k)$  и математическое ожидание стоимости услуг как случайной величины  $C$ :

$$M(C|k) = c(M(Q|k)).$$

5. Достоверно зная функцию себестоимости  $s(k)$ , определить для всех возможных значений  $k$  математическое ожидание прибыли как как случайной величины  $P$ :

$$M(P|k) = M(C|k) - s(k).$$

6. Найти квазиоптимальное значение  $k_{\text{копт}} = \arg (\max (M(P|k)) | \forall k)$ .
7. Выделить ЦОВ на первый отчетный месяц вектор ресурсов  $k_1 = k_{\text{копт}}$ ;
8. По итогам первого отчетного месяца проверить выполнение условия:

$$\Delta p < \varepsilon_{\text{п}};$$

9. Если условие выполняется, выделить ЦОВ на следующий вектор ресурсов  $k_{\text{копт}}$ .
10. Если условие не выполняется, скорректировать гипотезу о виде корреляционной матрицы  $R_{yk}$  и повторить цикл из пп. 3 – 10 в последующий отчетный месяц.

Вместе с тем, рассматриваемая в настоящей работе модель строится «от заказчика», поэтому точная последовательность действий поставщика в ней не моделируется и заменяется описанным выше упрощенным мнением заказчика о ней.

## 5. Формализуемый контур управления

Описанная выше модель объекта исследования, как указывалось в разделах 3 и 4, отражает весь жизненный цикл предоставления услуг ЦОВ, включающий в себя как однократные подготовительные мероприятия, так и повторяющиеся мероприятия, непосредственно обеспечивающие услугу обработки информации в ЦОВ. При этом непосредственно обеспечивает указанный в разделе 1.1 предмет исследования только та часть действий заказчика и поставщика услуг, которая относится к ежемесячному повторяющемуся управлению качеством услуг. Соответствующие действия заказчика и поставщика услуг ЦОВ описаны в разделах 3.2 и 4.2.

### 5.1. Выделение формализуемого контура управления

Как указано в разделе 3.1, на этапе подготовки к заключению договора действия заказчика непосредственно определяют условия договора и последующие из него параметры услуг обработки информации в ЦОВ, являющихся предметом договора. Основным действием заказчика при этом является определение и дальнейшая фиксация в проекте заключаемого договора экономически эффективная для заказчика модель управления качеством получаемых по договору услуг. Эффективность модели ЛПРЗ определяет для себя (в общем случае векторной оценки качества) через выбор состава вектора частных оценок качества  $y$ , способа ранжирования вектора частных оценок  $y \rightarrow z$ , вида функции качества  $q(z)$ , зависимости цены услуг от качества  $c(q(z)) = c(z)$  и критерия удовлетворенности полученными услугами, описанного формулой (1.1). Действия поставщика услуг на данном этапе позволяют лишь опосредованно влиять на данные условия: если поставщик услуг давал коммерческое предложение поставщику, то важные для поставщика условия предоставления услуг опосредованно, наряду с условиями, проистекающими из коммерческих предложений иных поставщиков аналогичных услуг (согласно п. 2 раздела 1.3 услуга рыночная, т.е. может оказываться более чем одним поставщиком) формируют условия договора.

Однако, в рассматриваемой модели после заключения договора и начала оказания услуг ЦОВ влияние заказчика и поставщика на качество услуг ЦОВ принципиально меняется. Как указано в разделе 3.2, в ходе исполнения догово-

ра роль заказчика сводится к чисто техническим расчетам параметров получаемых от поставщика услуг:  $q(z)$ ;  $c(z)$ ;  $v(z)$ . По рассчитанному значению ценности услуг за  $i$ -й месяц  $v_i = v(z_i)$  ЛПРЗ может лишь констатировать меру своей удовлетворенности полученной услугой, а по критерию, описанному формулой (1.1) – констатировать достижение (недостижение) квазиоптимального уровня качества услуг. При этом заказчик не может непосредственно управлять качеством услуг в последующие периоды (предполагается, что значения всех частных оценок в составе  $y$  в последующие периоды находятся в предусмотренных договором пределах и не вынуждают заказчика применять к поставщику штрафные санкции – см. работы автора [1, 2]).

Вместе с тем, поставщик услуг в ходе исполнения договора берет на себя роль активного управления параметрами оказываемых услуг  $u$  с целью стремления к максимально возможной прибыли  $p_{\max}$  (опосредованно, через управление выделяемыми ресурсами ЦОВ  $k$  и гипотезу о значениях элементов корреляционной матрицы  $R_{yk}$ ). Как указывалось в разделе 4.2, действия поставщика по управлению качеством услуг формируют систему дискретного автоматического регулирования, а терминах теории управления качеством – цикл PDCA. Следовательно, для непосредственного изучения предмета исследования необходимо выделить из описанной в разделах 3 и 4 модели формализуемый контур управления, объединяющий повторяющиеся по итогам каждого  $i$ -го отчетного периода действия заказчика и поставщика услуг ЦОВ и определяющий влияние параметров модели на итоговый показатель, являющийся конечным результатом моделирования: ценность получаемых услуг ЦОВ для заказчика  $v_i$ , агрегирующая кардинальное качество услуг  $q_i$  и заплаченную за них цену  $p_i$  и тем самым непосредственно отражающая удовлетворенность ЛПРЗ оказанными в  $i$ -м отчетном периоде услугами ЦОВ. С помощью модели формализованного контура управления ЛПРЗ последовательно решает задачи синтеза:

- вида функции качества  $q(z)$ , эффективно (в значении, раскрытом в работе [9]) определяющей кардинальную ценность услуг ЦОВ для ЛПРЗ;
- вида функции ценности  $v(q, c)$ , эффективно (в значении [9]) определяющей указанную выше удовлетворенность ЛПРЗ;
- вида функции цены услуг в зависимости от значения функции качества  $c(q)$ , обеспечивающей квазиоптимальное значение  $v(q, c)$ .

## 5.2. Модель формализуемого контура управления

*Модель формализуемого контура управления объединяет ежемесячно повторяющиеся действия заказчика, описанные в разделах 3.2 и 3.3, а также мнение заказчика о действиях поставщика услуги, формирующих квазистатическую систему автоматического управления ресурсами ЦОВ, описанное в п. 4.2.*

*Построение модели производится методом идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации. В данном случае последовательность повторяющихся действий поставщика идентифицируется как система управления (а именно – квазистатическая система автоматического управления ресурсами ЦОВ); ретроспективной является*

ся информация о значении  $k_{i-1}$  и  $\Delta p_{i-1}$ ; текущей является информация о значении  $k_i$ ; экспертной является информация о функциональной зависимости  $s(k)$  и  $R_{yk}$ .

С точки зрения теории качества, как указывалось в разделе 4.2, действия поставщика в самом общем виде можно упрощенно описать как стандартный цикл Деминга-Шухарта по управлению качеством услуги, отображенный на рис. 11.

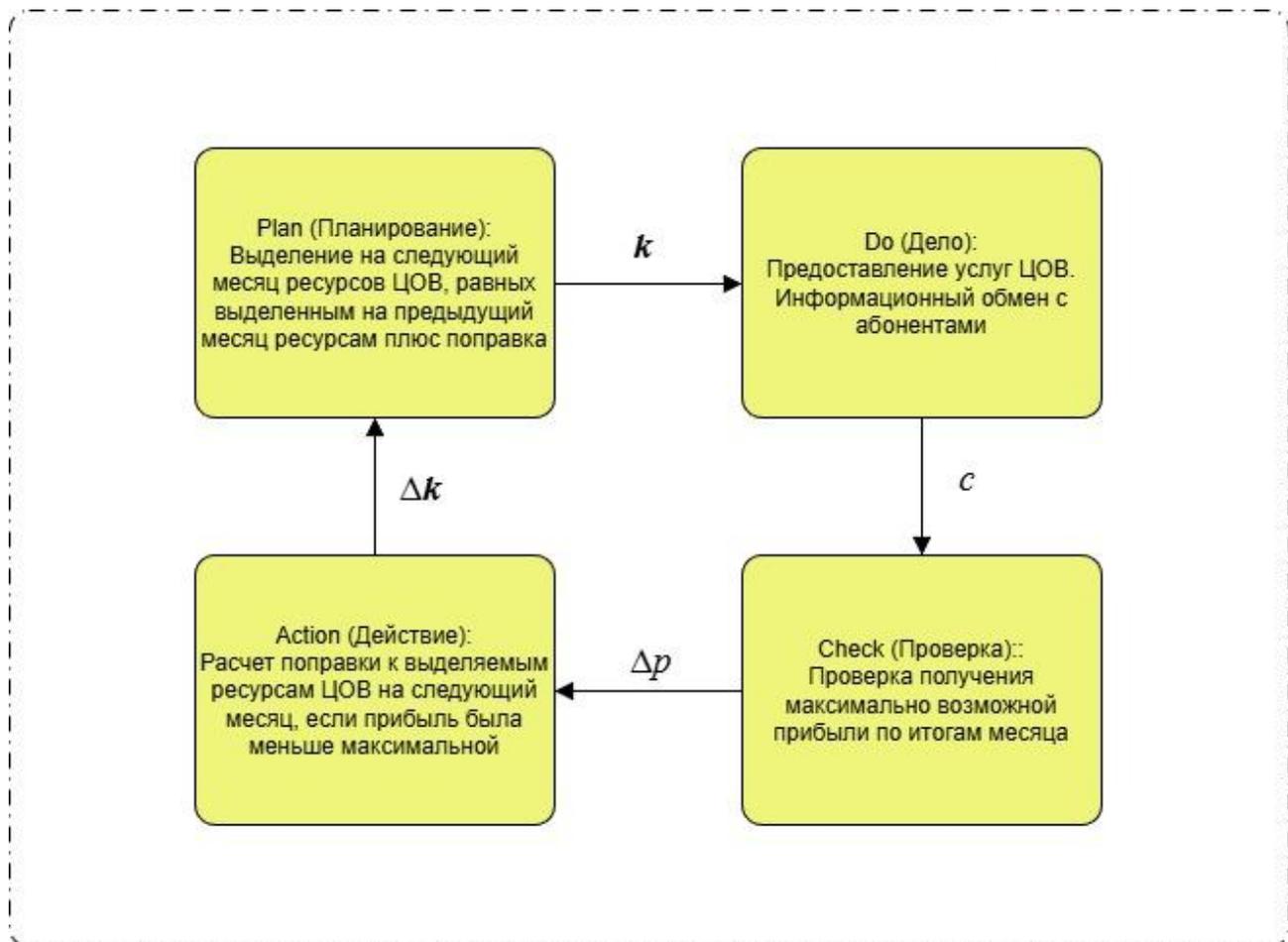


Рис. 11. Выполняемый поставщиком цикл Деминга-Шухарта

Модель формализуемого контура управления, выделяемая из полной модели взаимодействия заказчика и поставщика на всех этапах жизненного цикла предоставления услуги, описанной в предыдущих разделах, включает в себя последовательность действий заказчика и поставщика, формирующую описанную в разделе 4.2 систему автоматического регулирования количества выделяемых ЦОВ на  $i$ -й (следующий) месяц ресурсов по критерию минимума ошибки – недополученной по итогам  $i - 1$ -го (предыдущего) месяца прибыли. Ввиду формальных ограничений методологии IDEF и соответствующих программных средств моделирования (область моделирования, ограниченная печатной формой листа формата А4; не более 8-ми действий на одном уровне), построение читаемой модели формализуемого контура управления по методологии IDEF не

представляется возможным. В данной связи указанная модель построена по методологии BPMN [24] и приведена на рис. 12.

Все элементы модели на рис. 12 идентичны аналогичным с точностью до смысла элементам уровней A2, A22.1, A12.1, но, в соответствии с методологией BPMN, поименованы отглагольными существительными, а не глаголами. Взаимно-однозначное соответствие элементов рис. 12 и указанных выше уровней модели объекта исследования прозрачно. Соответственно, модель модели формализуемого контура управления идентична описанной в разделе 4.2 и далее подробно не описывается. Назначение вновь введенных элементов (старт, промежуточный финиш и финиш) на рис. 12 раскрыто соответствующими комментариями. Ввиду того, что программное обеспечение формирования BPMN-диаграмм не поддерживает нижние индексы, они отображены основным шрифтом.

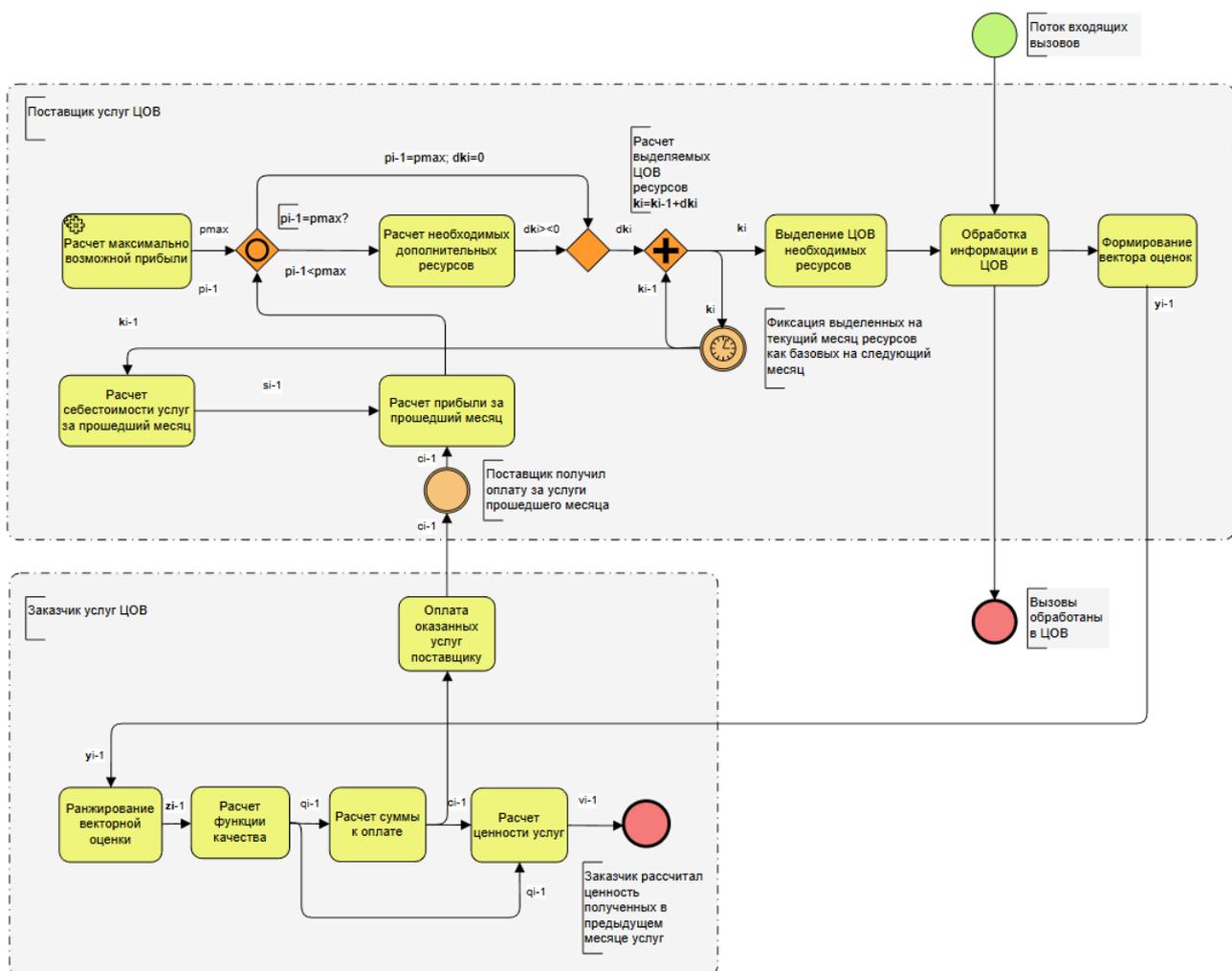


Рис. 12. BPMN-модель формализуемого контура управления

Следует подчеркнуть, что в соответствии с изложенным в разделах 1.3 и 2.1, предметом исследования является контур *управления качеством услуг обработки информации ЦОВ* по критерию достижения квазиоптимального значения ценности получаемых заказчиком услуг (формула (1.1)). Соответственно, управляющим воздействием заказчика услуг в соответствии с указанным в раз-

деле 5.1 является такой выбор  $y, z, q(z), c(q)$ , который максимизирует значение ценности услуг  $v(q, c)$  для ЛПРЗ. Поэтому далее в сводке параметров формализуемого контура модели указываются только те ее параметры, которые требуются ЛПРЗ для эффективного осуществления данного выбора. Параметры модели, относящиеся только к поставщику услуг (в частности,  $k$ ), в формализуемом контуре управления не описываются, так как далее не используются.

Особо следует отметить функцию себестоимости услуг поставщика  $s$ . Аргументом данной функции исходя из ее смысла является вектор  $k$  выделяемых поставщиком ресурсов ЦОВ:  $s = s(k)$ . Как указывалось в разделе 4.2, значения тех или иных частных оценок в составе вектора  $y$  могут зависеть от значений тех или иных частных ресурсов ЦОВ в составе вектора  $k$  как непосредственно, так и опосредованно. Их связь описывается неизвестной заказчику корреляционной матрицей  $R_{yk}$ ; сам по себе состав вектора  $k$  заказчику также неизвестен. Соответственно, указанная на рис. 1 и в разделе 4.2 функциональная зависимость  $s(q)$  строго говоря является только лишь гипотезой заказчика о виде функции  $s^*(q) = s^*(q(z)) = s^*(z)$ : единственное, что про нее достоверно известно заказчику – что она выпуклая вниз (см. раздел 4.2). Однако, так как дальнейшее моделирование описывает не точную последовательность действий поставщика, а лишь упрощенное мнения заказчика о них (см. раздел 4.2), вектор  $k$  и функция  $s(k)$  далее не используются, и для упрощения обозначений гипотетическая функция  $s^*(q) = s^*(q(z)) = s^*(z)$  далее записывается как

$$s(q) = s(q(z)) = s(z).$$

Аналогично, прибыль поставщика  $p = c - s$ , являясь функцией  $c(q(z))$  и  $s(k)$ , фактически будет функцией двух переменных  $p(z, k)$ . При этом заказчик не может точно рассчитать  $p(z, k)$ , но может сделать ее гипотетическую оценку  $p^*(q)$  исходя из своей гипотезы о себестоимости  $s^*(q)$ :

$$p^*(q) = p^*(q(z)) = p^*(z) = c(q) - s^*(q).$$

Соответственно, из тех же соображений, что и для оценки себестоимости  $s^*(q)$ , далее для оценки прибыли знак оценивания «\*» опускается, и используется обозначение

$$p(q) = p(q(z)) = p(z).$$

### 5.3. Сводка параметров модели

Сводка параметров модели формализуемого контура управления, приведена в таблице 1. Здесь предполагается векторная оценка качества ЦОВ  $y$ ; состав параметров модели в целом аналогичен рассмотренной в работе автора [1] модели для частного случая скалярной оценки  $y$ . Однако, решение описанной в разделе 5.2 задачи синтеза выходит за рамки настоящей статьи и будет описываться автором в последующих работах. Поэтому в таблице 1 параметры модели приводятся в общем виде, без конкретизации их функциональных зависимостей и границ значений.

Таблица 1 – Сводка компонент модели формализуемого контура управления

Компонента	Описание
$y$	Вектор частных оценок качества, определенных на численной шкале
$y_{\min}$	Вектор минимальных значений частных оценок качества
$y_{\max}$	Вектор максимальных значений частных оценок качества
$z$	Вектор ранжированных частных оценок качества
$q(z)$	Функция качества. Она же – интегральный показатель качества. Область определения: $q(z) \in [0; 1]$
$c(q) = c(q(z)) = c(z)$	Функция стоимости – цена единицы услуги с ранжированной оценкой качества $z$ , которую заказчик платит поставщику
$c_{\min}$	Стоимость услуг с минимальным качеством ( $y = y_{\min}$ )
$c_{\max}$	Стоимость услуг с минимальным качеством ( $y = y_{\max}$ )
$s(q) = s(q(z)) = s(z)$	Гипотеза заказчика о функции затрат поставщика – себестоимости единицы услуги с заданным значением ранжированной оценки качества $z$
$p(q) = p(q(z)) = p(z)$	Гипотеза заказчика о прибыли поставщика на единицу услуги с заданным значением ранжированной оценки качества $z$
$p_{\max}$	Максимально возможное значение прибыли поставщика: $p_{\max} = \max(p) \mid q \in [0; 1]$
$v(q, c) = v(q, c(q)) = v(q) = v(q(z)) = v(z)$	Функция ценности услуги, агрегирующая значения кардинальной оценки качества и цены услуги. Значение $v(\cdot)$ фактически рассчитывается через значения $q$ и $c$ , но формально $v(\cdot)$ является функцией одной переменной - значения ранжированной оценки качества $z$
$v_{\max}$	Идеальная цель заказчика в отношении $v$ : $v_{\max} = \max(v) \mid q \in [0; 1]$
$q_{\text{опт}}$	Идеальная цель заказчика в отношении $q$ : $q_{\text{опт}} = \arg v_{\max}$
$q_{\text{копт}}$	Реальная цель заказчика в отношении $q$ : квазиоптимальное для заказчика и оптимальное для поставщика значение функции качества, обеспечивающее максимум прибыли поставщика: $q_{\text{копт}} = \arg p_{\max}$
$v_{\text{копт}}$	Реальная цель заказчика в отношении $v$ : квазиоптимальное значение ценности услуги: $v_{\text{копт}} = v(q_{\text{копт}})$ ; $v_{\text{пор}} < v_{\text{копт}} \leq v_{\max}$
$\varepsilon$	Порог чувствительности заказчика: задача оптимизации $q$ решена удовлетворительно, если $ v_{\max} - v_{\text{копт}}  / v_{\max} < \varepsilon$
$v_{\text{пор}}$	Пороговое значение функции ценности, определяющее границы интервала реальной цели заказчика: $v_{\text{пор}} = (1 - \varepsilon) v_{\max}$

## 6. Модели рациональности поставщика

Для дальнейшего решения описанных в разделе 5.1 трех задач синтеза заказчику требуется априорная гипотеза о том, насколько поставщик склонен стремиться выполнять критерий, описанный формулой (2), и каких результатов при этом достигнет. Как указывалось в разделах 3.3, 4.2, фактические действия поставщика заказчиком не моделируются; конкретное значение достигаемой поставщиком прибыли заказчику достоверно неизвестно и предполагается только гипотетически. Для снятия данной неопределенности в работе автора [1] были предложены три модели рациональности поставщика (меры его стремления к  $p \rightarrow p_{\max}$ ) для частного случая скалярной оценки качества услуг ЦОВ  $y$ :

целевая – ограниченно рациональный поставщик и две нецелевых – абсолютно рациональный поставщик (идеализированная) и нерациональный поставщик (вводится для проверки устойчивости модели при размыкании формализованного контура управления). Далее предлагается использовать те же три модели, экстраполированные на общий случай векторной оценки качества ЦОВ  $y$  с дальнейшим ранжированием  $y \rightarrow z$ .

### 6.1. Строго рациональный поставщик

Модель строго рационального поставщика предполагает реализацию поставщиком описанного в разделе 4.2 полного цикла управления качеством услуги с целью максимизации прибыли. Для снятия указанной выше априорной неопределенности относительно меры стремления поставщика к  $p \rightarrow p_{\max}$  принимается упрощающая гипотеза:  $p \equiv p_{\max}$ . Технически данная гипотеза предполагает, что заказчик получает от поставщика услугу ЦОВ с такими векторами ранжированных частных оценок качества  $z$ , для которых  $p(z) = p_{\max}$  (в общем случае таких векторов может быть несколько – см. раскрытый в работе автора [2] принцип неразличимости отдельных рангов). Данная гипотеза, несомненно, для выполнения требует строго стационарного потока поступающих в ЦОВ вызовов и детерминированной матрицы перехода  $k \rightarrow y$  вместо корреляционной. Соответственно, модель строго рационального поставщика является идеализацией, поскольку реальный поставщик заведомо испытывает влияние различных возмущающих факторов, не позволяющих достигать  $q \equiv q_{\text{копт}}$ . Поэтому данная модель не является целевой и используется в последующем решении описанных выше задач синтеза для сравнения найденного квазиоптимального решения с прочими решениями по одному и тому же критерию: если решение, квазиоптимальное выбранному критерию критерию при целевой модели поставщика, не хуже по тому же критерию по сравнению с альтернативными решениями при нецелевых моделях поставщика, то квазиоптимальное решение является Парето-доминирующим [14, 16].

Следует отметить, что в частном случае, когда максимальное значение прибыли  $p_{\max}$  может быть достигнуто поставщиком при нескольких различных значениях  $q_j$ , принадлежащих множеству значений  $Q$  (это требует специального вида функции себестоимости  $s(z)$ ), качество и ценность услуги, предоставляемой строго рациональным поставщиком, будут случайными величинами  $Q$  и  $V$ , и детерминированные значения  $q_{\text{копт}}$ ,  $v_{\text{копт}}$  заменяются на  $M(Q)$  и  $M(V)$ . При выявлении данного частного случая в ходе последующего моделирования с использованием построенной модели, ввиду неопределенности априорного распределения  $Q$  будет приниматься гипотеза о дискретном равномерном распределении  $Q$ , при котором все ее возможные значения равновероятны:  $p(Q = q_j) = 1/|Q|$  для всех  $j \in [1; |Q|]$ .

## 6.2. Ограниченно рациональный поставщик

Целевая модель ограниченно рационального поставщика предполагает, аналогично предыдущей модели, реализацию поставщиком описанного в разделе 4.2 полного цикла управления качеством услуги с целью максимизации прибыли. Однако при этом в квазистатической системе автоматического управления ресурсами ЦОВ, которой с точки зрения заказчика является данный цикл действий поставщика по управлению качеством услуги, появляется также возмущающее воздействие. Наиболее вероятен нестационарный поток входящих вызовов с априорно неизвестными поставщику статистическими характеристиками. Также возможны разнообразные возмущающие воздействия, ухудшающие  $u$  при тех же  $k$  – технические, финансовые, юридические, природные и пр. Данные воздействия в формализованном контуре управления заказчик учитывает опосредованно, через плотность вероятности распределения конкретных реализаций вектора  $z$ . Вербальное описание модели ограниченно рационального поставщика следующее:

1. В составе вектора ранжированных оценок качества  $z = (z_1, \dots, z_n)$  все ранжированные частные оценки качества  $z_i, z_j; i, j \in [1; n]$  попарно некоррелированы.
2. Вероятность  $P(z_k)$  реализации конкретного вектора  $z_k$  из множества  $Z$  всех возможных значений  $z$ , где  $k \in [1; |Z|]$ , пропорциональна оценке заказчика величины получаемой поставщиком положительной прибыли  $p(z_k) > 0: P(z_k) \sim p(z_k)$ .
3. Если  $p(z_k) \leq 0, P(z_k) = 0$ .
4.  $p(z_1) + p(z_2) + \dots + p(z_n) = 1$ , где  $n = |Z|$ .

Условие 1, как показано в работе автора [2], при рациональном (в значении, определенном в работе [9]) выборе компонент  $u$  является весьма слабым ограничением, позволяющим применять рассматриваемую модель поставщика в моделировании практически всех реальных ЦОВ. Условие 2, как следует из указанного в описании границ исследования и далее по тексту настоящей работы адекватно (в значении, определенном в работе [9]) стремлению поставщика достичь экономически обоснованного уровня качества. Условие 3 отражает интуитивно очевидный отказ поставщика от предоставления заведомо убыточных услуг. Условие 4 является стандартной нормировкой вероятностей. Таким образом, по совокупности вышеописанных условий модель ограниченного поставщика адекватна (в значении, определенном в работе [9]) предмету исследования и далее принимается как целевая. Следует отметить, что при этом функции качества  $q$  и ценности  $v$  услуги будут случайными величинами  $Q$  и  $V$ , математическое ожидание которых не обязательно будет равно их детерминированным значениям в модели строго рационального поставщика:  $M(Q) \approx q_{\text{копт}}$ ;  $M(V) \approx v_{\text{копт}}$  (для общего случая, когда  $q_{\text{копт}}$  и  $v_{\text{копт}}$  существуют – ср. уточнение в конце раздела 6.1).

### 6.3. Нерациональный поставщик

Как указано выше, нецелевая модель нерационального поставщика вводится как для проверки устойчивости модели формализованного контура управления при его размыкании, так и для проверки Парето-доминирования квазиоптимального решения задач синтеза над иными их решениями. Под устойчивостью в значении, определенном в работе [9], здесь понимается способность квазистатической модели при отказе поставщика от обратной связи по  $\Delta p$  (определенном по формуле (2)) обеспечивать заказчику возврат в состояние равновесия.

Так как под состоянием равновесия при замкнутом контуре управления (то есть, в целевой модели ограниченно рационального поставщика) понимается получение заказчиком услуги с  $M(V) \approx v_{\text{копт}}$ , то возврат в состояние равновесия при размыкании контура управления (модель нерационального поставщика) в данном случае означает для заказчика получение услуги с  $M(V) \neq 0$ . Напротив, невозврат в состояние равновесия (неустойчивость модели формализованного контура управления при его размыкании) означает для заказчика получение услуги с  $M(V) = 0$ .

Соответственно, в модели нерационального поставщика предполагается отказ поставщика от какого-либо управления качеством поставляемых услуг ЦОВ (то есть от обратной связи по  $\Delta p$ ) и соответствующая априорная неопределенность реализации конкретных значений  $z$  из  $Z$ . Для снятия данной неопределенности предполагается, что распределение случайного вектора  $z$  на множестве его возможных значений  $Z$  дискретное равномерное:

$$P(z_i) = 1/|Z| \quad \forall i \in [1; |Z|].$$

### 6.4. Критерии успешности решения основной задачи синтеза для различных моделей рациональности поставщика

Исходя из формулировки задач синтеза, с использованием разработанной модели формализуемого контура управления, описанной в разделе 5.1, а также описания моделей рациональности поставщика в разделах 6.1–6.3, для каждой из моделей рациональности поставщика критерии успешности решения основной задачи синтеза (выбор эффективного вида функциональной зависимости  $q(z)$ ) будут разными:

1. Для целевой модели ограниченно рационального поставщика и нецелевой модели абсолютно рационального поставщика получаемое заказчиком значение  $M(Q)$  зависит от функционального вида  $c(q)$ . Поэтому критерий успешности решения задач синтеза определяется формулой (1.1), а сравнение различных решений задачи (т.е. различных видов функциональной зависимости  $q_1(z) = f(z)$ ,  $q_2(z) = g(z)$  и пр.) по предпочтительности для заказчика производится по достигаемому значению  $M(V)$ :

$$M(V_1) > M(V_2) \leftrightarrow q_1(z) \succ q_2(z).$$

2. Для нецелевой модели нерационального поставщика распределение вектора ранжированных частных оценок не зависит от функциональ-

ных зависимостей  $c(q)$  и  $q(z)$ . Упрощая, можно сказать, что в данном случае заказчик получит одно и то же фактическое качество услуги, то есть одинаковое математическое ожидание  $M(X)$  случайного вектора  $X$  – фактического качеством услуг ЦОВ, отражающего удовлетворенность абонентов (для детерминированного случая абсолютно рационального поставщика, как указывалось в разделе 3.1.1, это детерминированный вектор  $x$ ). Следовательно, сравнение различных решений задачи (т.е. различных видов функциональной зависимости  $q_1(z) = f(z)$ ,  $q_2(z) = g(z)$ , ... по предпочтительности для заказчика производится по достигаемому значению математического ожидания  $M(C)$ , где  $C$  – случайная величина, равная стоимости услуг поставщика за расчетный период:

$$M(C_1) > M(C_2) \leftrightarrow q_1(z) > q_2(z).$$

Таким образом, для квазиоптимальности конкретного вида функциональной зависимости  $q_1(z)$  достаточно, чтобы  $q_1(z)$  Парето-доминировала над  $q_2(z)$ , ... Для этого должны одновременно выполняться следующие условия:

- 1) для  $q_1(z)$  и заранее заданного значения  $v_{\text{пор}}(q)$  выполняется условие, описанное формулой (1.1);
- 2) для целевой модели ограниченно рационального поставщика выполняется условие  $M(V_1) > M(V_2)$ ;
- 3) для нецелевой модели абсолютно рационального поставщика выполняется условие  $M(V_1) \geq M(V_2)$ ;
- 4) для нецелевой модели нерационального поставщика выполняется условие  $M(C_1) \geq M(C_2)$ .

## Выводы

Представленная структурно-параметрическая модель *сложной системы* взаимодействия заказчика и поставщика услуг ЦОВ для *эффективной* двусторонней *обработки информации* абонентами и операторами ЦОВ, построенная *методом идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации*, позволяет решать задачи построения как *эффективной методики оценки* кардинального качества услуг *обработки информации* в ЦОВ, так и методики достижения квазиоптимального значения удовлетворенности заказчика услуг ЦОВ качеством данных услуг за счет применения метода «Экономическая эффективность управления качеством».

Данная модель является обобщением аналогичной модели для случая скалярной *оценки качества* услуг ЦОВ, представленной автором в работе [1], на случай ранжированной векторной оценки качества услуг ЦОВ, описанной автором в работе [2].

Элементами новизны представленной модели являются описание полного жизненного цикла взаимодействия заказчика и поставщика услуг ЦОВ от появления у заказчика намерения закупки услуг ЦОВ до окончания срока предоставления услуг поставщиком; раскрытие различия фактических действий поставщика услуг и мнения заказчика о данных действиях; *формализованное описание контура управления качеством* услуг, представляющего взаимоотноше-

ния заказчика и поставщика услуг как квазистатическую *систему* автоматического *управления* ресурсами ЦОВ с дискретным временем; разделение моделируемых заказчиком услуг действий поставщика услуг в рамках данной системы автоматического управления на *решение задач анализа и синтеза*; *построение моделей* рациональности поставщика услуг ЦОВ; формализация критерия квазиоптимальности решения *основной задачи синтеза*; введение и обоснование *критерия эффективности* двусторонней *обработки информации* в ЦОВ через значение функции ценности услуг ЦОВ.

Построенная модель формализованного контура управления качеством услуг ЦОВ будет в дальнейшем использована автором для создания методики построения интегрального показателя качества услуг ЦОВ, отражающего кардинальные предпочтения заказчика и обеспечивающего заказчику квазиоптимальное значение ценности полученных от поставщика услуг обработки информации в ЦОВ за счет экономической стимуляции поставщика.

*Автор выражает благодарность доктору технических наук профессору С.И. Макаренко как научному руководителю автора – за стимуляцию к научному поиску, принципиальность и требовательность к формализации потока идей и мыслей в научный текст.*

## Литература

1. Касаткин Ф. Ю. Об эффективном виде функции качества во взаимоотношениях заказчика и поставщика продукции военного назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2025. № 3. С. 232-268. DOI: 10.24412/2410-9916-2025-3-232-268.
2. Касаткин Ф. Ю. Некомпенсаторная интегральная оценка качества работы центров обработки вызовов // Системы управления, связи и безопасности. 2025. № 4. С. 200-243. DOI: 10.24412/2410-9916-2025-4 200-243.
3. Ивановский М. А., Глазкова И. А. Специальные разделы общей теории систем: учебное пособие. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – 127 с.
4. Аристов О. В. Управление качеством: Учеб. пособие для вузов. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 240 с.
5. ван Эттингер Дж., Ситтиг Дж. Больше ... через качество. – М.: изд-во стандартов, 1968. – 92 с.
6. Росстандарт: РД IDEF0-2000. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. – М.: Госстандарт России, 2000. – 75 с.
7. Черемных С. В., Семенов И. О., Ручкин В. С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.
8. Клейменова М. С. Системный подход к проектированию сложных систем // Журнал д-ра Добба. 1993. № 1. С. 9-14.

9. Макаренко С. И. Справочник научных терминов и математических обозначений. – СПб.: Научное издание, 2025. – 348 с.

10. Касаткин Ф. Ю. Актуальность интегральной оценки качества обслуживания входящих вызовов в контакт-центре // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 томах. Том 4. – СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 81-87.

11. Касаткин Ф. Ю. Интегральный критерий качества обслуживания входящих вызовов в контакт-центре // Инновационные исследования: опыт, проблемы внедрения результатов и пути решения: сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 17 февраля 2025 года. – Уфа: ООО "ОМЕГА САЙНС", 2025. – С. 22-27.

12. Шумейкер П. Модель ожидаемой полезности: разновидности, подходы, результаты и пределы возможностей // Thesis. 1994. № 5. С. 29–80.

13. Krantz D. H., Luce R. D., Suppes P., Tversky A. Foundations of Measurement. Volume I. Additive and Polynomial Representations. – London, Academic Press, 1971. – 577 p.

14. Матвеев В. Д. Свойства функций полезности, зависящих от характеристик благ // Вестник УрФУ. Серия «Экономика и управление». 2012. № 2. С. 16–27.

15. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения. Пер. с англ. под ред. И. Ф. Шахнова. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

16. Подиновский В. В., Потапов М. А. Метод взвешенной суммы критериев в анализе многокритериальных решений: Pro et Contra // Бизнес-информатика. 2013. № 3 (25). С. 41–48.

17. Микони С. В. Теория принятия управленческих решений: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2015. – 448 с.

18. ГОСТ Р 55540-2013 Качество услуги «Услуга центра обработки вызовов». Показатели качества. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.

19. Самолюбова А. Б. Call-Center на 100 %. Практическое руководство по созданию Центра обработки вызовов. – М.: Альпина Паблишер, 2010. – 533 с.

20. Davis L., Main K. 11 Essential Call Center Metrics And KPIs // Forbes.com: официальный сайт [Электронный ресурс]. 06.02.2026. – URL: <https://www.forbes.com/advisor/business/software/call-center-metrics/> (дата обращения 06.02.2026).

21. Будищева И. А., Плоткин Я. Д. Регулирование затрат на обеспечение качества продукции. – М.: Издательство стандартов. 1989. – 184 с.

22. Ефимов В. В. Улучшение качества продукции, процессов и ресурсов: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2007. – 223 с.

23. Алесинская Т. В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления. Ч. 3. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 116 с.

24. BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN White S., Miers D. – Lightpoint, FL, Future Strategies Inc., Book Division, 2008. – 225 p.

## References

1. Kasatkin F. Yu. On the effective form of quality function in the relationship between the customer and the supplier of military products. *Systems of Control, Communication and Security*, 2025, no. 3, pp. 232–268 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2025-3-232-268.
2. Kasatkin F. Yu. The non-compensatory integral quality evaluation of call centers' performance. *Systems of Control, Communication and Security*, 2025, no. 4, pp. 200–243 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2025-4-200-243.
3. Ivanovskij M. A., Glazkova I. A. *Special'ny'e razdely` obshhej teorii sistem: uchebnoe posobie* [Special Sections of the General Theory of Systems]. Tambov, Tambov State Technical University Publ. Center, 2025. 127 p. (in Russian).
4. Aristov O. V. *Upravlenie kachestvom* [Quality Management]. Moscow, INFRA-M Publ., 2006, 240 p. (in Russian).
5. van Ettinger J., Sittig J. *More ... through Quality*. Rotterdam: International Quality Center, 1965. 174 p.
6. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. GD IDEF0-2000. Methodology of Functional Modeling IDEF0. The Guiding Document. Moscow, Gosstandart of Russia Publ., 2000. 75 p. (in Russian).
7. Cheremny`x S.V., Semenov I.O., Ruchkin V.S. *Modelirovanie i analiz sistem. IDEF-tekhnologii: praktikum* [Modeling and Analysis of Systems. IDEF Technologies: a Practical Course]. Moscow, Finance and Statistics Publ., 2006. 192 p. (in Russian).
8. Klejmenova M.S. Sistemy`j podxod k proektirovaniyu slozhny`x system [A Systematic Approach to the Design of Complex Systems]. *Dr. Dobb's Journal*, 1993, no. 1, pp. 9–14 (in Russian).
9. Makarenko S. I. *Handbook of scientific terms and mathematical notation*. Saint Petersburg, Naukoemkie Tehnologii Publ., 2025. 348 p. (in Russian).
10. Kasatkin F. Yu. The topicality of an integrated assessment of the quality of service of incoming calls in a contact center. *12<sup>th</sup> International Conference on Advanced Infotelecommunications ICAIT 2023*. Saint Petersburg, Saint Petersburg State University of Telecommunications, 2023, vol. 4, pp. 81–87 (in Russian).
11. Kasatkin F. Yu. Integral criteria of quality of service of incoming calls in a contact center. *Innovatsionnie issledovaniya: opit, problemi vnedreniya rezultatov i puti resheniya: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno–prakticheskoi konferentsii* [Innovative Research: Experience, Problems of Implementation of Results and Solutions: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference], Ufa, OMEGA SAINS Co Ltd, 2025, pp. 22–27 (in Russian).
12. Paul J.H. Schoemaker. The Expected Utility Model: Its Variants, Purposes, Evidence and Limitations. *Journal of Economic Literature*, 1982, vol. XX, no. 2, p. 529–563.
13. Krantz D. H., Luce R. D., Suppes P., Tversky A. *Foundations of Measurement. Volume I. Additive and Polynomial Representations*. London, Academic Press, 1971. 577 p.

14. Matveenko V. D. Svoystva funktsij poleznosti, zavisyashhix ot xarakteristik blag [Properties of Utility Functions Depending on the Characteristics of Goods]. *Urals Federal University Bulletin. Economics and Management series*, 2012, no. 2, pp. 16–27 (in Russian).

15. Keeney R. L., Raiffa H. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. John Wiley & Sons Inc., 1976. 569 p.

16. Podinovskii V. V., Potapov M. A. Metod vzveshennoi summi kriteriev v analize mnogokriterialnykh reshenii: Pro et Contra [Weighted sum of criteria method in multicriteria decision analysis: Pro et Contra]. *Biznes informatika*, 2013, no. 3 (25), pp. 41-48 (in Russian).

17. Mikoni S. V. *Teoriya prinyatiya upravlencheskikh reshenii* [Theory of managerial decision making]. Saint Petersburg, Lan Publ., 2015. 448 p. (in Russian).

18. State Standard 55540-2013. The quality of the "Call Center Service". Quality indicators. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 11 p. (in Russian).

19. Samolyubova A. B. *Call-Center na 100 %. Prakticheskoe rukovodstvo po sozdaniyu Tsentra obrabotki vizovov* [Call-Center 100%. A Practical guide to Creating a Call Center]. Moscow, Alpina Publ., 2010, 533 p. (in Russian).

20. Davis L., Main K. 11 Essential Call Center Metrics and KPIs. Available at: <https://www.yorbep.com/advisor/business/soytware/call-center-metrics/> (accessed 08.04.2025).

21. Budishcheva I. A., Plotkin Ya. D. *Regulirovanie zatrat na obespechenie kachestva produktsii* [Regulation of costs for ensuring product quality]. Moscow, Standards Publ., 1989. 184 p. (in Russian).

22. Efimov V. V. *Uluchshenie kachestva produktsii, protsessov i resursov* [Improvement of the quality of products, processes and resources]. Moscow, KNORUS Publ., 2007. 223 p. (in Russian).

23. Alesinskaya T. V. *Osnovi logistiki. Funktsionalnie oblasti logisticheskogo upravleniya (ch. 3)* [Fundamentals of Logistics. Functional areas of logistics management (p. 3)]. Taganrog, Engineering and Technological Academy of Southern Federal University Publ., 2010. 116 p. (in Russian).

24. *BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN* White S., Miers D.: Lightpoint, FL, Future Strategies Inc., Book Division, 2008. 225 p.

Статья поступила 08 февраля 2026 г.

### Информация об авторе

*Касаткин Феликс Юрьевич* – соискатель ученой степени кандидата технических наук. Начальник ГБУЗ Запорожской области «Медицинский информационно-аналитический центр». Область научных интересов: теория принятия решений; теория важности критериев; теория управления качеством. E-mail: fkasatkin@yandex.ru

Адрес: Россия, 272304, Запорожская обл., г. Мелитополь, ул. Фрунзе, д. 69.

## A model of the relationship between the customer and the service provider of the call center to optimize the quality of information processing

F. Yu. Kasatkin

**Problem statement:** The organization of effective information processing in call centers when purchasing data center services from a supplier involves solving a multi-criteria optimization problem of finding a cost-effective balance for both the customer and the data center service provider between the quality of information processing services required by the customer and the cost of these services for the supplier. service quality functions, the desire of the customer to minimize the costs of these services and the desire of the service provider to maximize its profits. To formalize the solution of this optimization problem, it is necessary to build a model of the relationship between the customer and the provider of information processing services in the data center, describe the parameters of this model and criteria for evaluating the solution of the optimization problem. **Methods:** mathematical modeling of the dependence of the service provider's profit on the quality of the service; determination of the functions of price, cost, profit, quality and usefulness of the service. **Results:** a model of the economic relationship between the customer and the information processing provider in call centers has been built at all stages of the service lifecycle: from the customer's intention to purchase the service to the expiration of the service supply agreement between the customer and the service provider. A model of a formalized management contour is highlighted, which allows us to solve the problem of synthesizing an effective type of dependence of an integral assessment of the quality of quality services on a vector of values of partial estimates of the quality of quality services, allowing the customer to obtain a quasi-optimal value of the value of quality services due to the economic interest of the supplier. **Practical significance:** the results of the work can be used to model the process of purchasing various services by the customer from the supplier in solving a wide range of other applied tasks that can be reduced to the task being solved in the work. They make it possible to significantly increase the value of the services received by the customer due to the economic interest of the supplier.

**Keywords:** information processing services at call centers; quality of services; value of services, quality function; value function, cost function; cost function; profit; economically justified level of service quality, quasi-optimal value of services.

### Information about the Author

*Feliks Yurievich Kasatkin* – candidate for a PhD degree. Head of Zaporozhye region Medical Information and Analytical Center State agency. Field of research: decision theory; criteria importance theory; quality management theory. E-mail: fkasatkin@yandex.ru

Address: Russia, 272304, Zaporozhye region, Melitopol, Frunze str., 69.