

УДК 681.5:519.24:621.74

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225067

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ WEB-БАЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Левыкин В. М., Евланов М. В., Неумывакина О. Е., Петриченко А. В.

Объектом исследования являются процессы эксплуатации web-базированной информационной системы. Проведенные исследования базируются на применении существующих подходов к организации управления эксплуатацией IT-продуктов, а также на разработанной ранее формальной модели задачи управления эксплуатацией информационной системы. В качестве основного критерия управления эксплуатацией информационной системы принята существующая оценка степени удовлетворения требований к системе. Основная гипотеза исследования состоит в предположении, что главным критерием управления эксплуатацией web-базированной информационной системы следует считать показатель эффективности как соотношение степени удовлетворения запросов на изменение отдельных компонентов информационной системы и суммарных затрат на эксплуатацию системы. Проведен анализ применимости критерия «Удовлетворенность требований пользователей информационной системы» и показана его неполная объективность для описания целей управления эксплуатацией информационной системы. Обосновано применение показателя эффективности управления, рассмотрены особенности применения данного показателя для решения задачи управления эксплуатацией информационной системы. Признано существование двух подходов к определению эффективности эксплуатации информационной системы. На основе полученных результатов предложена концепция управления процессами эксплуатации web-базированной информационной системы. Данная концепция представляет главную задачу управления эксплуатацией web-базированной информационной системы как частный случай задачи многокритериальной оптимизации, решением которой станет Парето-оптимальная система. На базе предложенной концепции разработана математическая модель задачи эффективного управления web-базированной информационной системой. Для описания функции цели в ходе разработки модели предложено перейти от описаний требований к знание-ориентированным моделям запросов на изменение информационной системы. Предложено также разделить набор ограничений модели на два отдельных комплекса – комплекс ограничений технического управления и комплекс ограничений процессов эксплуатации. Применение разработанной модели позволит создать новые информационные технологии управления эксплуатацией web-базированных информационных систем управления предприятиями. В отличие от существующих, такие технологии позволят формализовать и автоматизировать работы по формированию и утверждению наиболее выгодных для участников

*эксплуатации информационной системы планов проектов выполнения запросов на изменение эксплуатируемой системы.*

**Ключевые слова:** *web-базированная информационная система, управление эксплуатацией системы, задача многокритериальной оптимизации, показатель эффективности эксплуатации, Парето-оптимальная система.*

## **1. Введение**

Современные стратегии развития IT-компаний рассматривают в качестве основного источника прибылей эффективные IT-продукты. Такие продукты считаются эффективными, поскольку затраты IT-компаний на их поддержку и сопровождение меньше, чем прибыли, поступающие от предприятий-потребителей этих IT-продуктов. Поэтому для успешного долговременного существования IT-компаний становится необходимым формулировать и решать глобальные задачи управления эффективной эксплуатацией IT-продуктов. Особо сложной подобная задача становится для такой разновидности IT-продуктов, как информационные системы (ИС) управления предприятиями. Одной из причин этого является коренное отличие ИС управления предприятиями от других разновидностей IT-продуктов. В частности, главной целью деятельности ИС управления предприятиями является формирование и отображение единого целостного информационного представления объекта или процесса, полезного для пользователей [1]. Это означает, что эффективная эксплуатация ИС управления предприятием будет определяться не только эффективной реализацией сценариев выполнения отдельных функций этой системы, но и эффективной реализацией структур данных, которые описывают входы и выходы функций этой системы.

В настоящее время ИС управления предприятиями характеризуются различными архитектурами, среди которых наиболее распространенной следует считать web-базированную архитектуру. Существуют различные модели web-базированной архитектуры [2–4]. Однако все эти модели указывают на представление ИС как большого количества слабо связанных элементов различной природы. Поэтому решение глобальных задач управления эффективной эксплуатацией web-базированной ИС серьезно усложняется из-за необходимости одновременного управления большим количеством разнородных элементов такой системы.

Существующие подходы к решению задачи управления эксплуатацией IT-продуктов ориентированы, главным образом, на поиск оптимальных решений по управлению техническими аспектами [5–7]. Такая же ориентация характерна и для задачи управления эксплуатацией ИС управления предприятиями. К таким аспектам в данном случае относятся производительность, безопасность, надежность и т. п. Особенное внимание при этом уделяется решению вопросов администрирования и управления эксплуатацией отдельных IT-продуктов в рамках существующих компьютерных сетей, образующих IT-инфраструктуру предприятия. Проблема управления эксплуатацией ИС управления предприятиями как совокупностью функций, предоставляющих услуги по обработке и отображению данных и информации, на текущий момент не имеет

общего решения. Поэтому исследования в данной области, позволяющие оценить и повысить эффективность эксплуатации ИС управления предприятием за счет разработки и реализации комплекса мероприятий по улучшению ее экономико-технических и технических характеристик, являются актуальными с теоретической и прикладной точек зрения.

*Объектом исследования* являются процессы эксплуатации web-базируемой ИС. Данный тип ИС выбран как наиболее распространенный на современных предприятиях.

*Целью исследования* является разработка математической модели управления эксплуатацией web-базируемой ИС, которая учитывала бы существующие особенности взаимоотношений предприятия-поставщика и предприятия-потребителя ИС в ходе ее эксплуатации.

## **2. Методика проведения исследований**

В настоящее время основные теоретико-прикладные работы в области управления эксплуатацией ИС базируются на положениях стандарта ISO 20000 [5] и наборах лучших практик ITIL v.3 [6, 7]. Эти работы позволяют выделить ряд основных подходов к формальному описанию задачи управления эксплуатацией ИС как частного случая задачи управления IT-проектом. Так, в [8] предлагается применение имитационных моделей, построенных на основе накопленных данных. В [9] предлагается применять модель, описывающую успех проекта ИС как результат действия следующих групп факторов:

- процесс управления проектом;
- результаты проекта;
- контекстуальные факторы.

Необходимость создания общей модели оценивания эффективности управления процессами жизненного цикла систем подчеркивается в [1]. Причиной такой необходимости в [1] указываются дополнительные усилия, возникающие при согласовании отдельных моделей.

Однако данные исследования оставляют нерешенными целый ряд вопросов, среди которых необходимо выделить:

- а) вопросы связи между техническими и технико-экономическими показателями, характеризующими процессы эксплуатации ИС;
- б) вопросы формального технического и технико-экономического оценивания эффективности эксплуатации ИС.

Решение этих вопросов в сильной степени зависит от формы организации работ по управлению эксплуатацией ИС. В настоящее время основной такой формой признаются IT-проекты улучшения процессов эксплуатации web-базируемой ИС [6, 7]. Однако формирование интегральных оценок хода и результатов эксплуатации отдельных сервисов ИС в настоящее время не предполагает использование формальных моделей [8]. В то же время проведенные исследования показали, что успех проектов, направленных на улучшение отдельных процессов, является не случайностью, а предсказуемым результатом с четко определенными и оцениваемыми характеристиками [10].

Для решения различных задач управления ИТ-сервисами в [11] предлагались подходы, основанные на решении задач многокритериальной оптимизации. Однако трудности применения подобных подходов при управлении реальными web-базируемыми ИС заставляют искать другие варианты решения подобных задач. Так, в [12] предложено рассматривать подход к управлению web-сервисами, основанный на знаниях. Однако данный подход еще полностью не разработан и нуждается в проведении дополнительных исследований.

Для формального описания глобальной задачи управления эксплуатацией web-базируемой ИС необходимо вначале определить основной показатель достижимости целей организации-поставщика (далее – Поставщика) и организации-потребителя (далее – Потребителя) ИТ-услуг. В качестве такого показателя обычно рассматривается показатель, характеризующий степень удовлетворения требований к ИС, выдвинутых Потребителем и принятых к исполнению Поставщиком [1]. При этом выдвигаемые потребителем разнородные требования будут являться элементами общего множества требований к конкретной информационной системе  $Tr_{IS}$ . В общем случае это множество будет иметь вид [1]:

$$Tr_{IS} = (tr_1, tr_2, \dots, tr_i, \dots, tr_n), \quad (1)$$

где  $tr_i$  – обобщенное описание  $i$ -го требования к системе, отдельной ИТ-услуге или же к отдельному ИТ-сервису;  $i$  – идентификатор обобщенного описания требования  $tr_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $n$  – количество требований, выдвинутых к системе, ее ИТ-услугам и ИТ-сервисам.

Степень удовлетворения каждого требования к ИС  $tr_i$  можно в общем случае описать оператором  $r(tr_i)$ , который ставит в соответствие описанию требования  $tr_i$  число в диапазоне  $[0...1]$ . Для оценки стоимости выполнения требования в общем случае вводится оператор  $pay(r(tr_i))$ . Для оценки времени выполнения требования в общем случае вводится оператор  $t(r(tr_i))$ . Для оценки качества выполнения требования в общем случае вводится оператор  $q(r(tr_i))$ . Диапазоны возможных значений и толкования отдельных значений этих операторов детально рассмотрены в [1].

Введенные обобщенные описания требований (1) и операторы позволяют сформулировать обобщенное формализованное описание задачи управления эксплуатацией ИС с точки зрения Поставщика ИТ-услуг следующим образом [13]:

$$F_{Pr} = \sum_{i=1}^n r^{Pr}(tr_i) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \alpha_i^{\text{Pr}} \text{pay}(r^{\text{Pr}}(tr_i)) \geq \text{pay}^* \left( \sum_{i=1}^n r^{\text{Pr}}(tr_i) \right); \\ \sum_{i=1}^n \beta_i^{\text{Pr}} t(r^{\text{Pr}}(tr_i)) \leq t^* \left( \sum_{i=1}^n r^{\text{Pr}}(tr_i) \right); \\ \sum_{i=1}^n \gamma_i^{\text{Pr}} q(r^{\text{Pr}}(tr_i)) \geq q^* \left( \sum_{i=1}^n r^{\text{Pr}}(tr_i) \right), \end{array} \right. \quad (3)$$

где Pr – обозначение Поставщика ИТ-услуг и соответствующих ИТ-сервисов;  $r^{\text{Pr}}(tr_i)$  – степень удовлетворения требования  $tr_i$  с точки зрения Поставщика;  $\alpha_i^{\text{Pr}}$  – нормативный коэффициент стоимости выполнения требования  $tr_i$ , учитывающий индивидуальные особенности Поставщика;  $\text{pay}^* \left( \sum_{i=1}^n r^{\text{Pr}}(tr_i) \right)$  – минимально допустимая для Поставщика величина стоимости выполнения множества требований;  $\beta_i^{\text{Pr}}$  – нормативный коэффициент длительности выполнения требования  $tr_i$ , учитывающий индивидуальные особенности Поставщика;  $t^* \left( \sum_{i=1}^n r^{\text{Pr}}(tr_i) \right)$  – максимально допустимое для Поставщика время выполнения множества требований;  $\gamma_i^{\text{Pr}}$  – нормативный коэффициент качества выполнения требования  $tr_i$ , учитывающий индивидуальные особенности поставщика;  $q^* \left( \sum_{i=1}^n r^{\text{Pr}}(tr_i) \right)$  – минимально допустимое для Поставщика качество выполнения множества требований.

Обобщенное формализованное описание задачи управления эксплуатацией ИС с точки зрения Потребителя ИТ-услуг можно представить следующим образом [13]:

$$F_U = \sum_{i=1}^n r^U(tr_i) \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \alpha_i^U \text{pay}(r^U(tr_i)) \leq \text{pay}^* \left( \sum_{i=1}^n r^U(tr_i) \right); \\ \sum_{i=1}^n \beta_i^U t(r^U(tr_i)) \leq t^* \left( \sum_{i=1}^n r^U(tr_i) \right); \\ \sum_{i=1}^n \gamma_i^U q(r^U(tr_i)) \geq q^* \left( \sum_{i=1}^n r^U(tr_i) \right), \end{array} \right. \quad (5)$$

где U – обозначение Потребителя ИТ-услуг и соответствующих ИТ-сервисов;  $r^U(tr_i)$  – степень удовлетворения требования  $tr_i$  с точки зрения Потребителя;

$\alpha_i^U$  – нормативный коэффициент стоимости выполнения требования  $tr_i$ , учитывающий индивидуальные особенности Потребителя;  $pay^* \left( \sum_{i=1}^n r^U(tr_i) \right)$  – максимально допустимая для Потребителя величина стоимости выполнения множества требований;  $\beta_i^U$  – нормативный коэффициент длительности выполнения требования  $tr_i$ , учитывающий индивидуальные особенности Потребителя;  $t^* \left( \sum_{i=1}^n r^U(tr_i) \right)$  – максимально допустимое для Потребителя время выполнения множества требований;  $\gamma_i^U$  – нормативный коэффициент качества выполнения требования  $tr_i$ , учитывающий индивидуальные особенности Потребителя;  $q^* \left( \sum_{i=1}^n r^U(tr_i) \right)$  – минимально допустимое для Потребителя качество выполнения множества требований к ИС.

### **3. Результаты исследований и обсуждение**

#### **3.1. Разработка концепции формального описания эффективного управления информационной системой**

Одной из основных сложностей практического воплощения положений относительно управления эксплуатацией ИС, изложенных в [5–7], является отсутствие объективных количественных критериев, устанавливающих цели управления эксплуатацией ИС и позволяющих оценить управляющие воздействия на ИС в ходе ее эксплуатации. Критерий «Удовлетворенность требований пользователей ИС» не может считаться объективным в силу следующих причин:

а) данный критерий не делает различия между различными видами требований к ИС (например, рассмотренными в [1]) и, в подавляющем большинстве случаев, не учитывает приоритетность выполнения отдельных требований;

б) методы формирования значений данного критерия основаны, в подавляющем большинстве случаев, на методах экспертного оценивания, которые в сильной степени зависят от субъективных точек зрения отдельных экспертов;

в) данный критерий практически не отражает особенности управления затратами в ходе эксплуатации ИС (в частности, затратами на приобретение обеспечивающих комплексов и услуг ИС, затратами на выполнение поддержки логистики и управление ее результатами и т. п.).

Последняя причина особенно важна в современных условиях, когда Потребитель не является Поставщиком ИС и ее отдельных ИТ-услуг. Выделение Поставщиков ИС в самостоятельные экономические субъекты привело к появлению целого ряда возможных ситуаций, крайне невыгодных для Поставщиков. Такие ситуации характеризуются значительным ростом затрат Поставщика в ответ на незначительное увеличение значения критерия «Удовлетворенность требований пользователей ИС» для Потребителя.

Наиболее объективной характеристикой управления эксплуатацией ИС следует считать показатель эффективности управления. Данный показатель позволяет представить процессы управления эксплуатацией ИС как частный случай решения задачи максимизации значений показателя эффективности управления эксплуатируемой ИС и ее отдельными элементами за время, значительно меньшее общего времени эксплуатации такой ИС. При этом возмущающими воздействиями, выводящими процессы управления из состояния достигнутого глобального максимума значений показателя эффективности управления эксплуатируемой ИС, следует считать изменения бизнес-процессов Потребителя или отдельных требований, выдвигаемых сотрудниками Потребителя к эксплуатируемой ИС и ее отдельным элементам.

Однако применение данного показателя для формального описания управления эксплуатацией также зависит от точек зрения Потребителя и Поставщика на оцениваемые процессы эксплуатации ИС. Различие данных точек зрения определяется, главным образом, различием глобальных целей Потребителя и Поставщика, рассмотренных в [1].

Рассмотрим проявление различия точек зрения на показатель эффективного управления эксплуатацией ИС подробнее. С этой целью здесь и в дальнейшем будем представлять эффективность в соответствии с данным в ISO 9000:2015 определением как соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами.

В качестве главного критерия успеха любого IT-мероприятия (в том числе эксплуатации ИС) в подавляющем большинстве случаев выбирается степень удовлетворенности потребностей Потребителя. Следовательно, достигнутый результат управления может быть представлен критерием «Удовлетворенность потребностей пользователей ИС». Данное представление не зависит от точек зрения Поставщика и Потребителя на процессы эксплуатации ИС, эффективность которой мы оцениваем.

Степень удовлетворения потребностей Потребителя в настоящее время характеризуется критерием «Удовлетворенность потребностей пользователей ИС». В финансовом эквиваленте этот критерий может быть выражен в общем случае как цена любого вида контракта на поставку Поставщиком ИС. При этом ИС должна обладать таким набором IT-услуг (функций, сервисов и т. п.), который является необходимым и достаточным для максимального удовлетворения потребностей Потребителя.

Однако подобного единства взглядов на описание использованных ресурсов не наблюдается. Для Потребителя использованные ресурсы в общем случае могут быть представлены как сумма затрат на осуществление тех его процессов и работ, в которых используется эксплуатируемая ИС, а также затрат на выполнение вспомогательного для Потребителя процесса функционирования ИС. Подобное описание позволяет унифицировать количественное представление разнородных ресурсов (людей, комплексов технических средств, элементов ИС и т. п.), затрачиваемых в ходе эксплуатации ИС. Для Поставщика использованные ресурсы в общем случае могут быть представлены как сумма затрат на осуществление операционной и проектной

деятельности, направленной на выполнение процесса сопровождения ИС. В самом худшем случае – например, при полном аутсорсинге ИС – Поставщик должен дополнительно учитывать также сумму затрат на осуществление операционной и проектной деятельности, направленной на выполнение процесса функционирования ИС.

Такое различие точек зрения на затраты, связанные с применением различных ресурсов, вызывает необходимость рассмотрения возможности возникновения одной из двух следующих ситуаций:

1) ситуация полного совпадения статей затрат Поставщика и статей затрат Потребителя;

2) ситуация, в которой множество статей затрат Поставщика будет являться подмножеством статей затрат Потребителя.

Следует признать, что данные ситуации возможны только в случае, если Поставщик и его сотрудники являются частью Потребителя, а финансирование любой (операционной или проектной) деятельности Поставщика осуществляется в рамках финансирования бизнес-процессов Потребителя. Поэтому значения количественного показателя эффективности эксплуатации одной и той же ИС будут различаться в зависимости от того, проводится ли расчет значения этого показателя с точки зрения Поставщика или Потребителя.

Сказанное выше позволяет утверждать, что объективного подхода к определению эффективности процессов эксплуатации ИС не существует. В то же время следует признать одновременное существование двух следующих подходов:

1) подход к определению эффективности процессов эксплуатации ИС с точки зрения Потребителя (подход к определению эффективности процесса функционирования ИС);

2) подход к определению эффективности процессов эксплуатации ИС с точки зрения Поставщика (подход к определению эффективности процесса сопровождения ИС).

Базируясь на данных соображениях, предлагается сформулировать основную концепцию управления эксплуатацией web-базированной ИС и ее элементов как набор следующих положений:

а) управление эксплуатацией ИС и ее элементами с точки зрения Потребителя рассматривается как совокупность проектных и/или операционных мероприятий. Результатом этих мероприятий должно являться достижение глобального максимума критерия удовлетворенности потребностей сотрудников Потребителя. При этом затраты на эти мероприятия должны поддерживаться на желаемом для Потребителя уровне;

б) управление эксплуатацией ИС и ее элементами с точки зрения Поставщика рассматривается как совокупность проектных и/или операционных мероприятий. Результатом этих мероприятий должно являться достижение глобального максимума критерия удовлетворенности потребностей сотрудников Поставщика. При этом затраты на эти мероприятия должны поддерживаться на желаемом для Поставщика уровне;

в) управление эксплуатацией ИС в целом при соблюдении интересов Потребителя и Поставщика данной ИС должно рассматриваться как частный



случай задачи многокритериальной оптимизации, решением которой будет Парето-оптимальная ИС;

г) управление эксплуатацией отдельных элементов ИС при соблюдении интересов Потребителя и Поставщика данной ИС должно рассматриваться как совокупность проектных и/или операционных мероприятий. Эти мероприятия направлены на преобразование множества начальных значений эксплуатационных характеристик отдельных элементов во множество желаемых значений этих же характеристик. Желаемыми считаются характеристики, при которых ИС в целом будет являться Парето-оптимальной.

Предлагаемая концепция позволяет разработать математическую модель, формально описывающую задачу управления эксплуатацией ИС и ее компонентов.

### **3.2. Разработка математической модели задачи эффективного управления web-базированной информационной системой**

Рассмотренное выше формализованное описание задачи управления эксплуатацией web-базированной ИС (1)–(5) имеет излишне общий характер и усложняется следующими факторами [1]:

- ни один представитель Потребителя, как правило, не имеет представления обо всей последовательности операций всех ИТ-услуг системы;

- Потребитель принимает решение о целесообразности внедрения и эксплуатации системы, прежде всего, исходя из прагматической ценности ИТ-услуг предлагаемых Поставщиком;

- непосредственные исполнители работ по созданию системы со стороны Поставщика не обязаны знать особенности бизнеса конкретного Потребителя, непосредственно не влияющие на разработку соответствующих ИТ-услуг;

- Поставщик принимает решение о целесообразности разработки варианта системы, исходя из своих возможностей формирования набора ИТ-услуг, выполняющих множество требований Потребителя, при условии выполнения системы ограничений (3) в целом с возможностью нарушения отдельных неравенств.

В общем случае функции (2) и (4) определяют решения Поставщика и Потребителя в ходе управления эксплуатацией web-базированной ИС. Действие рассмотренных выше факторов позволяет рассматривать эти функции как функции выбора оптимального набора ИТ-услуг данной системы и достижения оптимальных значений эксплуатационных характеристик элементов данной системы. При этом Поставщиком и Потребителем должны соблюдаться определенные ограничения.

Главным отличием управления эксплуатацией web-базированной ИС от управления ее проектированием следует признать поступление от Потребителя к Поставщику ИТ-услуг не требований, а запросов на изменение (request for change, RFC). Эти RFC определяют не только новые функциональные требования к эксплуатируемой web-базированной ИС, но и новые нефункциональные требования к ее программным, сетевым и техническим элементам.

Однако существующие подходы к управлению ИС и модели, созданные на их основе, оставляют нерешенным вопрос порождения RFC элементов эксплуатируемой ИС по результатам оценивания эксплуатации этих элементов в

рамках системы. В то же время решение именно этого вопроса приводит к серьезным затратам времени. Эти затраты вызваны следующими факторами:

а) отсутствие общепринятого формального описания RFC элементов ИС, что приводит к разногласиям в классификации, формировании и толковании подобных запросов;

б) отсутствие связи между показателями ИТЛ и формальным описанием RFC, что приводит к необходимости интуитивного формирования конкретных RFC.

Исходя из этого, основными целями управления эксплуатацией сервис-ориентированной ИС следует считать [14]:

– сведение количества RFC, поступающих от Потребителя ИТ-услуг, к необходимому минимуму, который определяется влиянием внешних для Потребителя факторов или долгосрочной программой развития ИТ-инфраструктуры Потребителя;

– сведение количества RFC, которые не были выполнены Поставщиком ИТ-услуг или в выполнении которых Поставщиком ИТ-услуг было отказано Потребителю ИТ-услуг, к необходимому минимуму.

Тогда функции цели (2) и (4) можно представить следующим образом [14, 15]:

$$F_{Pr} = \begin{cases} \sum_{i=c+1}^e K_i^{tr_{Pr}}(RFC_i) \rightarrow \min; \\ \sum_{i=c+1}^e \bar{K}_i^{tr_{Pr}}(RFC_i) \rightarrow 0, \end{cases} \quad (6)$$

$$F_U = \begin{cases} \sum_{i=c+1}^e K_i^{tr_U}(RFC_i) \rightarrow \min; \\ \sum_{i=c+1}^e \bar{K}_i^{tr_U}(RFC_i) \rightarrow 0, \end{cases} \quad (7)$$

где  $RFC_i$  –  $i$ -й запрос на изменение эксплуатируемой системы;  $K_i^{tr_{Pr}}(RFC_i)$  – знание-ориентированная модель  $RFC_i$  с точки зрения Поставщика ИТ-услуг;  $K_i^{tr_U}(RFC_i)$  – знание-ориентированная модель  $RFC_i$  с точки зрения Потребителя ИТ-услуг;  $\bar{K}_i^{tr_{Pr}}(RFC_i)$  – знание-ориентированная модель  $RFC_i$ , который Поставщик ИТ-услуг не смог выполнить;  $\bar{K}_i^{tr_U}(RFC_i)$  – знание-ориентированная модель  $RFC_i$ , в выполнении которого Потребителю ИТ-услуг было отказано Поставщиком.

Следует выделить такие комплексы ограничений задачи управления эксплуатацией web-базированной ИС:

– комплекс ограничений технического управления, определяемых, исходя из особенностей ИТ-проектов эксплуатации и сопровождения эксплуатируемой web-базированной ИС;

– комплекс ограничений процессов эксплуатации, определяемых, исходя из особенностей RFC эксплуатируемой web-базированной ИС, ее программных, сетевых и технических элементов.

По аналогии с системами ограничений задачи управления созданием сервис-ориентированной ИС, рассмотренными в [1], комплексы ограничений технического управления, с точки зрения Поставщика и Потребителя ИТ-услуг, будут иметь вид [15]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=c+1}^e \alpha_i^{\text{Pr}} \text{pay}(r^{\text{Pr}}(RFC_i)) \geq \text{pay}^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{\text{Pr}}(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \beta_i^{\text{Pr}} t(r^{\text{Pr}}(RFC_i)) \leq t^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{\text{Pr}}(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \gamma_i^{\text{Pr}} q(r^{\text{Pr}}(RFC_i)) \geq q^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{\text{Pr}}(RFC_i) \right); \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=c+1}^e \alpha_i^{\text{U}} \text{pay}(r^{\text{U}}(RFC_i)) \leq \text{pay}^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{\text{U}}(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \beta_i^{\text{U}} t(r^{\text{U}}(RFC_i)) \leq t^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{\text{U}}(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \gamma_i^{\text{U}} q(r^{\text{U}}(RFC_i)) \geq q^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{\text{U}}(RFC_i) \right). \end{array} \right. \quad (9)$$

Комплексы ограничений процессов эксплуатации, как сказано выше, основаны на необходимости выполнения Поставщиком эксплуатируемой web-базированной ИС некоего множества функциональных и нефункциональных RFC ИТ-услуг и ИТ-сервисов. Поэтому, по аналогии с системами ограничений задачи управления созданием сервис-ориентированной ИС, рассмотренными в [1], комплексы ограничений процессов эксплуатации, с точки зрения Поставщика и Потребителя ИТ-услуг, будут иметь вид [15]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=b+1}^c \chi_i^{\text{Pr}} r^{\text{Pr}}(RFC_i^f) \geq \rho_{\text{Pr}}^f; \\ \sum_{i=c+1}^g \eta_i^{\text{Pr}} r^{\text{Pr}}(RFC_i^{\text{nf}}) \geq \rho_{\text{Pr}}^{\text{nf}}; \\ \sum_{i=g+1}^k \zeta_i^{\text{Pr}} r^{\text{Pr}}(RFC_i^{\text{fw}}) \geq \rho_{\text{Pr}}^{\text{fw}}; \\ \sum_{i=k+1}^n \omega_i^{\text{Pr}} r^{\text{Pr}}(RFC_i^{\text{nfw}}) \geq \rho_{\text{Pr}}^{\text{nfw}}; \end{array} \right. \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=b+1}^c \chi_i^U r^U(RFC_i^f) \geq \rho_U^f; \\ \sum_{i=e+1}^g \eta_i^U r^U(RFC_i^{nf}) \geq \rho_U^{nf}; \\ \sum_{i=g+1}^k \zeta_i^U r^U(RFC_i^{fw}) \geq \rho_U^{fw}; \\ \sum_{i=k+1}^n \omega_i^U r^U(RFC_i^{nfw}) \geq \rho_U^{nfw}, \end{array} \right. \quad (11)$$

где  $\chi_i^{\text{Pr}}$  – нормативный коэффициент полноты реализации функционального RFC IT-услуги  $RFC_i^f$ , учитывающий индивидуальные особенности Поставщика;  $\rho_{\text{Pr}}^s$  – минимально допустимый для Поставщика уровень полноты реализации подмножества функциональных RFC IT-услуг;  $\eta_i^{\text{Pr}}$  – нормативный коэффициент полноты реализации нефункционального RFC IT-услуги  $RFC_i^{nf}$ , учитывающий индивидуальные особенности Поставщика;  $\rho_{\text{Pr}}^{nf}$  – минимально допустимый для Поставщика уровень полноты реализации подмножества нефункциональных RFC IT-услуг;  $\zeta_i^{\text{Pr}}$  – нормативный коэффициент полноты реализации функционального RFC IT-сервиса  $RFC_i^{fw}$ , учитывающий индивидуальные особенности Поставщика;  $\rho_{\text{Pr}}^{fw}$  – минимально допустимый для Поставщика уровень полноты реализации подмножества функциональных RFC IT-сервисов, которые эксплуатируются в существующих Internet/Intranet сетях и других элементах IT-инфраструктуры предприятия;  $\omega_i^{\text{Pr}}$  – нормативный коэффициент полноты реализации нефункционального RFC IT-сервиса  $RFC_i^{nfw}$ , учитывающий индивидуальные особенности Поставщика;  $\rho_{\text{Pr}}^{nfw}$  – минимально допустимый для Поставщика уровень полноты реализации подмножества нефункциональных RFC IT-сервисов, которые эксплуатируются в существующих Internet/Intranet сетях и других элементах IT-инфраструктуры предприятия;  $\chi_i^U$  – нормативный коэффициент полноты реализации функционального RFC IT-услуги  $RFC_i^f$ , учитывающий индивидуальные особенности Потребителя;  $\rho_U^s$  – минимально допустимый для Потребителя уровень полноты реализации подмножества RFC IT-услуг;  $\eta_i^U$  – нормативный коэффициент полноты реализации нефункционального RFC IT-услуги  $RFC_i^{nf}$ , учитывающий индивидуальные особенности Потребителя;  $\rho_U^{nf}$  – минимально допустимый для Потребителя уровень полноты реализации подмножества нефункциональных RFC IT-услуг;  $\zeta_i^U$  – нормативный коэффициент полноты реализации функционального RFC IT-сервиса  $RFC_i^{fw}$ , учитывающий индивидуальные особенности Потребителя;  $\rho_U^{fw}$  – минимально допустимый для Потребителя уровень полноты реализации подмножества функциональных RFC IT-сервисов, которые эксплуатируются в

существующих Internet/Intranet сетях и других элементах IT-инфраструктуры предприятия;  $\omega_i^U$  – нормативный коэффициент полноты реализации нефункционального RFC IT-сервиса  $RFC_i^{nfv}$ , учитывающий индивидуальные особенности Потребителя;  $\rho_U^{nfv}$  – минимально допустимый для Потребителя уровень полноты реализации подмножества нефункциональных RFC IT-сервисов, которые эксплуатируются в существующих Internet/Intranet сетях и других элементах IT-инфраструктуры предприятия.

В целом же задачу управления эксплуатацией web-базированной ИС, с учетом выражений (6)–(11), предлагается представить как задачу многокритериальной оптимизации, имеющую вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=c+1}^e K_i^{tPr}(RFC_i) \rightarrow \min; \\ \sum_{i=c+1}^e \bar{K}_i^{tPr}(RFC_i) \rightarrow 0; \\ \sum_{i=c+1}^e K_i^{tU}(RFC_i) \rightarrow \min; \\ \sum_{i=c+1}^e \bar{K}_i^{tU}(RFC_i) \rightarrow 0; \end{array} \right. \quad (12)$$

при соблюдении комплекса ограничений технического управления:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=c+1}^e \alpha_i^{Pr} \text{pay}(r^{Pr}(RFC_i)) \geq \text{pay}^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{Pr}(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \beta_i^{Pr} t(r^{Pr}(RFC_i)) \leq t^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{Pr}(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \gamma_i^{Pr} q(r^{Pr}(RFC_i)) \geq q^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^{Pr}(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \alpha_i^U \text{pay}(r^U(RFC_i)) \leq \text{pay}^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^U(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \beta_i^U t(r^U(RFC_i)) \leq t^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^U(RFC_i) \right); \\ \sum_{i=c+1}^e \gamma_i^U q(r^U(RFC_i)) \geq q^* \left( \sum_{i=c+1}^e r^U(RFC_i) \right); \end{array} \right. \quad (13)$$

и комплекса ограничений процессов эксплуатации:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\sum_{i=b+1}^c \chi_i^{Pr} r^{Pr} (RFC_i^f) \geq \rho_{Pr}^f; \\
\sum_{i=c+1}^g \eta_i^{Pr} r^{Pr} (RFC_i^{nf}) \geq \rho_{Pr}^{nf}; \\
\sum_{i=g+1}^k \zeta_i^{Pr} r^{Pr} (RFC_i^{fw}) \geq \rho_{Pr}^{fw}; \\
\sum_{i=k+1}^n \omega_i^{Pr} r^{Pr} (RFC_i^{nfw}) \geq \rho_{Pr}^{nfw}; \\
\sum_{i=b+1}^c \chi_i^U r^U (RFC_i^f) \geq \rho_U^f; \\
\sum_{i=c+1}^g \eta_i^U r^U (RFC_i^{nf}) \geq \rho_U^{nf}; \\
\sum_{i=g+1}^k \zeta_i^U r^U (RFC_i^{fw}) \geq \rho_U^{fw}; \\
\sum_{i=k+1}^n \omega_i^U r^U (RFC_i^{nfw}) \geq \rho_U^{nfw}.
\end{array} \right. \quad (14)$$

Предлагаемая модель задачи управления эксплуатацией web-базированной ИС позволяет представить решение данной задачи как Парето-оптимальную ИС, которая обладает следующими свойствами:

- 1) сводит к минимуму количество RFC, возникающих в результате деятельности Поставщика ИТ-услуг;
- 2) сводит к стремящейся к нулю величине количество RFC, которые Поставщик ИТ-услуг не смог выполнить;
- 3) сводит к минимуму количество RFC, возникающих в результате деятельности Потребителя ИТ-услуг;
- 4) сводит к стремящейся к нулю величине количество RFC, в выполнении которых Потребителю ИТ-услуг было отказано Поставщиком;
- 5) приходит в оптимальное состояние в результате расхода финансовых ресурсов, если величина расходов удовлетворяет Поставщика и Потребителя ИТ-услуг;
- 6) приходит в оптимальное состояние за промежуток времени, величина которого удовлетворяет Поставщика и Потребителя ИТ-услуг;
- 7) приходит в оптимальное состояние с показателем качества эксплуатации, величина которого удовлетворяет Поставщика и Потребителя ИТ-услуг;
- 8) обеспечивает полноту реализации подмножества функциональных и нефункциональных требований к ИТ-услугам с точки зрения Поставщика не менее априорно заданного уровня;
- 9) обеспечивает полноту реализации подмножества функциональных и нефункциональных требований к ИТ-сервисам с точки зрения Поставщика не менее априорно заданного уровня;
- 10) обеспечивает полноту реализации подмножества функциональных и нефункциональных требований к ИТ-услугам с точки зрения Потребителя не менее априорно заданного уровня;

11) обеспечивает полноту реализации подмножества функциональных и нефункциональных требований к IT-сервисам с точки зрения Потребителя не менее априорно заданного уровня.

#### **4. Выводы**

Рассмотрены вопросы разработки модели задачи управления эксплуатацией web-базированной ИС. Проведен анализ современных подходов к организации управления ИС как разновидностью IT-продуктов. В соответствии с положениями этих подходов сформулированы основные цели Поставщика и Потребителя в ходе эксплуатации ИС. Изложена обобщенная задача управления ИС как максимизации удовлетворения требований к системе. Предложена основная концепция управления эксплуатацией web-базированной ИС и ее элементов. Суть данной концепции заключается в признании задачи управления ИС как частного случая задачи многокритериальной оптимизации, решением которой будет Парето-оптимальная ИС. При этом управление эксплуатацией отдельных элементов ИС при соблюдении интересов Потребителя и Поставщика данной ИС должно рассматриваться как совокупность проектных и/или операционных мероприятий. Целью этих мероприятий является преобразование множества начальных значений эксплуатационных характеристик отдельных элементов во множество желаемых значений этих же характеристик. Желаемыми считаются характеристики, при которых ИС в целом будет являться Парето-оптимальной.

На основе предложенной концепции разработана математическая модель задачи управления эксплуатацией web-базированной ИС. Определена функция цели данной задачи (12), комплекс ограничений технического управления (13) и комплекс ограничений процессов эксплуатации (14). Применение данной модели позволяет подойти к созданию специализированных информационных технологий эффективного управления эксплуатацией web-базированными ИС управления предприятиями. Главной особенностью таких технологий предполагается возможность формализованного формирования и утверждения наиболее выгодных для Поставщика и Потребителя планов IT-проектов выполнения возникающих RFC.

#### **Литература**

1. Левыкин, В. М., Евланов, М. В., Керносов, М. А. (2014). *Паттерны проектирования требований к информационным системам: моделирование и применение*. Харьков: ООО «Компания СМИТ», 320.
2. Fulton, J. (2017). *Web Architecture 101*. Medium. Available at: <https://engineering.videoblocks.com/web-architecture-101-a3224e126947>
3. Общие архитектуры веб-приложений (2020). *Microsoft*. Available at: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/common-web-application-architectures>
4. Palermo, J. (2013). *Onion Architecture: Part 4 – After Four Years*. *Programming with Palermo*. Available at: <https://jeffreypalermo.com/2013/08/onion-architecture-part-4-after-four-years/>

5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-1-20113. Информационная технология. Управление услугами. Часть 1. Требования к системе управления услугами (2014). Москва: Стандартинформ, 24.
6. *ITIL Service Operation* (2011). London: TSO, 370.
7. *ITIL Continual Service Improvement* (2011). London: TSO, 246.
8. Gulzar, K., Ruusu, R., Sierla, S., Aarnio, P., Karhela, T., Vyatkin, V. (2018). Automatic Generation of a Lifecycle Analysis Model from a First Principles Industrial Process Simulation Model. *Proceedings IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics*, 741–746. DOI: <http://doi.org/10.1109/indin.2018.8471980>
9. Guo, J. X. (2019). Measuring Information System Project Success through a Software-Assisted Qualitative Content Analysis. *Information Technology and Libraries*, 38 (1), 53–70. doi: <http://doi.org/10.6017/ital.v38i1.10603>
10. Calderon, N. N., Kajko-Mattsson, M., Nolan, A. J. (2015). Successful process improvement projects are no accidents. *Journal of Software: Evolution and Process*, 27 (11), 896–911. doi: <http://doi.org/10.1002/smr.1738>
11. Reiff-Marganiec, S., Tilly, M. (Eds.) (2012). *Handbook of Research on Service-Oriented Systems and Non-Functional Properties: Future Directions*. Hershey: IGI Global, 521. doi: <http://doi.org/10.4018/978-1-61350-432-1>
12. Driss, M., Aljehani, A., Boulila, W., Ghandorh, H., Al-Sarem, M. (2020). Servicing Your Requirements: An FCA and RCA-Driven Approach for Semantic Web Services Composition. *IEEE Access*, 8, 59326–59339. doi: <http://doi.org/10.1109/access.2020.2982592>
13. Levykin, V., Yevlanov, M., Neumivakina, O., Petrichenko, O. (2019). Generalized model for monitoring and operating the information system. *Proceedings of Third International Conference on Computer and Information Systems and Technologies*. Kharkov: KhNURE, 117–118. doi: <http://doi.org/10.30837/ivcsitic2020201438>
14. Brooks, P. (2006). *Metrics for IT Service Management*. Van Haren Publishing, 202.
15. Yevlanov, M., Petrichenko, O., Shtangey, S., Zhebka, V. (2019). Development of a model for the task of managing the operation of a service-oriented information system. *Proceedings of 2019 International Scientific-Practical Conference «PIC S&T'2019»*, 825–831. doi: <http://doi.org/10.1109/picst47496.2019.9061490>