



➤ **Н.Н. НЕПЕЙВОДА,**

д.ф.-м.н., профессор Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН,
г. Переславль-Залесский, Россия

Я.И. ГУЛИЕВ,

к.т.н., руководитель Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский, Россия

А.А. ЦВЕТКОВ,

научный сотрудник Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН,
г. Переславль-Залесский, Россия

МЕТОДИКА АНАЛИЗА И СИНТЕЗА МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

УДК 61:007

Непейвода Н.Н., Гулиев Я.И., Цветков А.А. *Методика анализа и синтеза моделей бизнес-процессов в медицинской организации* (Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский)

Аннотация. Описана методика построения моделей бизнес-процессов с учетом специфики медицинских организаций, развиваемая на базе рациональных агентов.

Ключевые слова: бизнес-процессы, медицинская информатика, рациональный агент.

UDC 61:007

Nepejvoda N.N., Guliev Y.I., Tsvetkov A.A. *Methods of analysis and synthesis for models of business processes in the medical organization* (Ailamazyan Program Systems Institute of RAS, Pereslavl-Zalesky)

Abstract. A method for constructing models of business processes is given specialized for medical organizations. It is based on techniques of rational agents.

Keywords: business processes, medical Informatics, rational agents.

ВВЕДЕНИЕ

Задача моделирования бизнес-процессов (далее БП) является достаточно актуальной и, как показано в [1], может возникать в случаях:

- разработки концепций и технических заданий на построение медицинских информационных систем (МИС);
- проектирования и разработки МИС;
- внедрения МИС в МО;
- организации и реинжиниринга бизнес-процессов в МО;
- введения в МО системы управления качеством и ее сертификации.

Как показано в [2], на смену предыдущим методам моделирования («первая волна» и «вторая волна»), использовавшим в качестве нотаций «Диаграммы потоков данных» (DFD), «Методология структурного анализа и проектирования» (SADT), «Объединение методологических понятий» (семейство стандартов IDEF: IDEF0... IDEF14) и др. (многие из которых используются и сейчас), пришла



«третья волна» методов моделирования, использующая «исполняемые» модели на основе языков моделирования на базе XML: BPMML, BPEL, XPD. Однако, эти языки трудно понимаются бизнес-пользователями, что привело к появлению нотации BPMN, которая легче понимается и бизнес-пользователями, и специалистами в области информационных технологий (далее ИТ), и однозначно преобразуется в исполняемую модель.

Методы моделирования «третьей волны» тяготеют к стандартизации. Поэтому методологии для «третьей волны» разрабатываются и выпускаются организациями по стандартизации и международными консорциумами.

Наступает «четвертая волна» (см. [3]) на основе рациональных агентов, использующая язык взаимодействия между агентами (Agent Communication Language или ACL).

В классической работе Рассела и Норвига [5] под агентом понимается некоторый объект, который может воспринимать среду с помощью датчиков и воздействовать на эту среду посредством исполнительных механизмов. Для точных рассмотрений такое определение недостаточно. Базируясь на работе [6], дадим определение рационального агента, которое было бы одновременно максимально общим и хорошо специализируемым в конкретных случаях.

Определение 1. Рациональный агент – вероятностный функционал $\vec{\varphi}(\vec{f})$, принимающий в качестве входа вектор входных функций и выдающий вектор выходных воздействий.

Известно, что функционалы высших уровней значительно выше по силе методов обработки, чем простые функции. Поэтому даже автоматически реализованный функционал позволяет моделировать интеллектуальное реагирование. В нашем случае рациональные агенты получают на вход последовательности документов и рекомендаций. На выходе имеем документ или рекомендацию. В некоторых случаях рекомендацию целесообразно пред-

ставлять как функцию (например, когда она включает последовательность назначений и действий, каждое из которых в дальнейшем должно обрабатываться нашими агентами), но обычно выход является дискретной информацией.

В соответствии с классификацией работы [5], наши функционалы одновременно являются простыми рефлексными агентами, если рассматривать одно назначение, и рефлексивными агентами с памятью. Но история действий не хранится, вычисляются лишь обобщенные характеристики.

В данной статье рассматривается методика анализа и синтеза моделей БП медицинской организации, которая использует как методы «третьей волны», так и подходы к моделированию из «четвертой волны».

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Основные методы моделирования основаны на ориентированных нагруженных графах, различаясь приписываемой вершинам и дугам информацией и ее интерпретацией. Поэтому математические структуры в моделировании можно считать устоявшимися.

Определение 2. Псевдографом (или просто графом) G называется пара множеств (S, U) , где элементы множества S называются вершинами или узлами графа, а элементы множества U – ребрами или дугами, и имеются два отображения $begin, end: U \rightarrow S$. Нагруженным графом называется граф G , для которого задано отображение $Inf: S \cup U \rightarrow I$, где I – некоторое множество объектов, приписываемых узлам и дугам графа. G называется носителем.

Объектами в разных методиках моделирования могут быть сложные структуры, в том числе включающие в себя действия и передаваемую информацию. Мы предполагаем, что узлу приписано действие по преобразованию информации, а дуге – информация, вырабо-



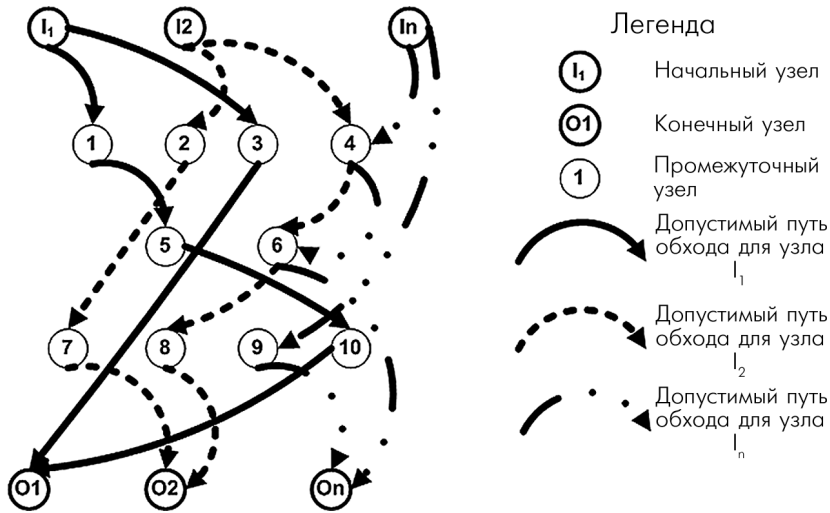


Рис. 1. Пример графа с несколькими начальными и конечными узлами

танная началом дуги и передаваемая в ее конец, и условие, при котором эта передача информации может быть выполнена.

Процесс – последовательность нагруженных графов с одним и тем же носителем и приписанными действиями, отличающихся лишь передаваемой информацией.

Предположим, что существуют начальные и конечные узлы. Начальному узлу приписывается условие, при котором он «активируется». С этим начальным узлом связаны допустимые для него пути обхода по дугам графа (см., например, рис. 1).

Для начального узла I_1 допустимыми путями обхода являются:

- $I_1 \rightarrow 1 \rightarrow 5 \rightarrow 10 \rightarrow O_1$
- $I_1 \rightarrow 3 \rightarrow O_1$

(1)

Для начального узла I_2 допустимыми путями обхода являются:

- $I_2 \rightarrow 2 \rightarrow 7 \rightarrow O_2$
- $I_2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow O_2$

(2)

Для начального узла I_n допустимыми путями обхода являются:

- $I_n \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow O_n$
- $I_n \rightarrow 9 \rightarrow O_n$

В парадигме «четвертой волны» узлы графа могут быть «Простыми рефлексными

агентами» (далее РА), которые выбирают действие на основе текущего восприятия в соответствии с правилами «условие-действие» [5].

В соответствии с рис. 1 и выражениями (1)...(3), работу РА можно представить следующим образом:

- РА «Начальный узел» получает информацию от внешней среды и оценивает: должен ли он начать обработку информации;
- РА «Промежуточный узел» получает информацию от РА «Начальный узел», выбирает из набора правил «условие-действие» способ обработки информации;
- Выработанная информация передается далее по всем дугам, для которых выполнены соответствующие им условия;
- РА «Конечный узел» получает информацию от РА «Промежуточный узел» и выбирает из набора правил «условие-действие», как завершить обработку информации.

Например, условиями передачи информации по данной дуге может быть время: если подошел срок оформления отчета, то передать обработку информации РА «Технический писатель».



ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ БП

Применяемые на практике нотации бизнес-процессов представляют собой изображения нагруженных графов. Для лучшего структурирования и понимания узлы и дуги могут делиться на несколько типов, в соответствии с характером действий и передачи информации. Начальные и конечные узлы обычно выделяются в отдельные типы. Например, на рис. 2 представлены четыре типа узлов: начальный, конечный, действие, роль. Типы узлов и дуг варьируются даже в одной системе нотации в зависимости от модели. Например, на рис. 3 в узлах объединены роли и действия, добавлены документы; дуги делятся на три типа: без-

условные, с условием «да», с условием «нет».

Основной нотацией «третьей волны» для моделирования БП является «Модель бизнес-процесса и нотация» («Business Process Model and Notation» или BPMN) [6][7], разработанная международным консорциумом OMG. BPMN наиболее полон, т.к. включает в себя несколько типов моделей: «Соглашения» («Conversations»), «Хореография» («Choreography»), «Оркестровка» («Orchestration»), а также (в допустимых стандартом случаях) комбинации этих типов в одной модели.

Модели типа «Соглашения» представляют собой граф (пример на рис. 2), описывающий КТО взаимодействует, с КЕМ взаимодействует, КАКОЙ информацией обмениваются,

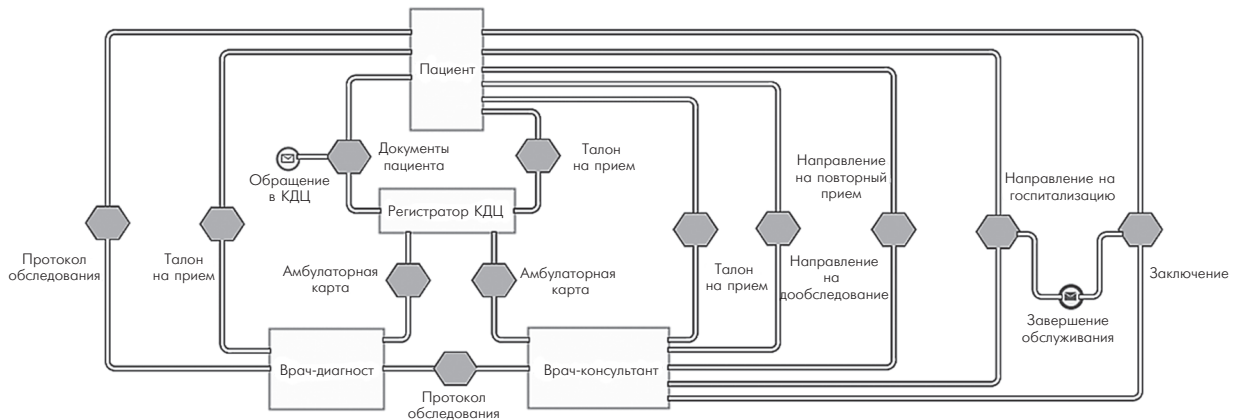


Рис. 2. Пример модели BPMN типа «Соглашения» для БП в Консультативно-диагностическом центре (КДЦ)



Рис. 3. Пример модели BPMN типа «Хореография» для БП в КДЦ. Запись на прием



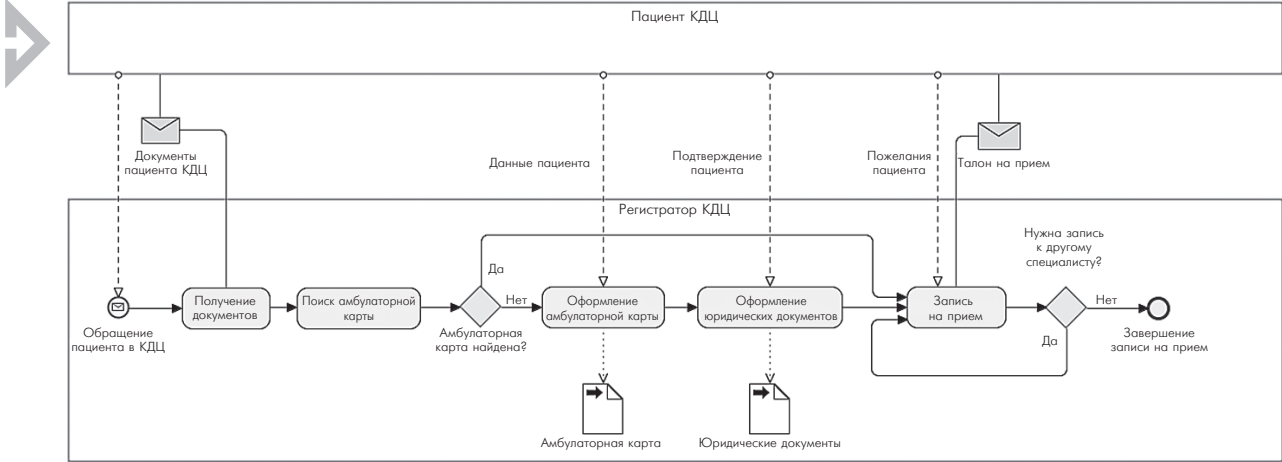


Рис. 4. Пример модели BPMN типа «Оркестровка» для БП в КДЦ. Запись на прием

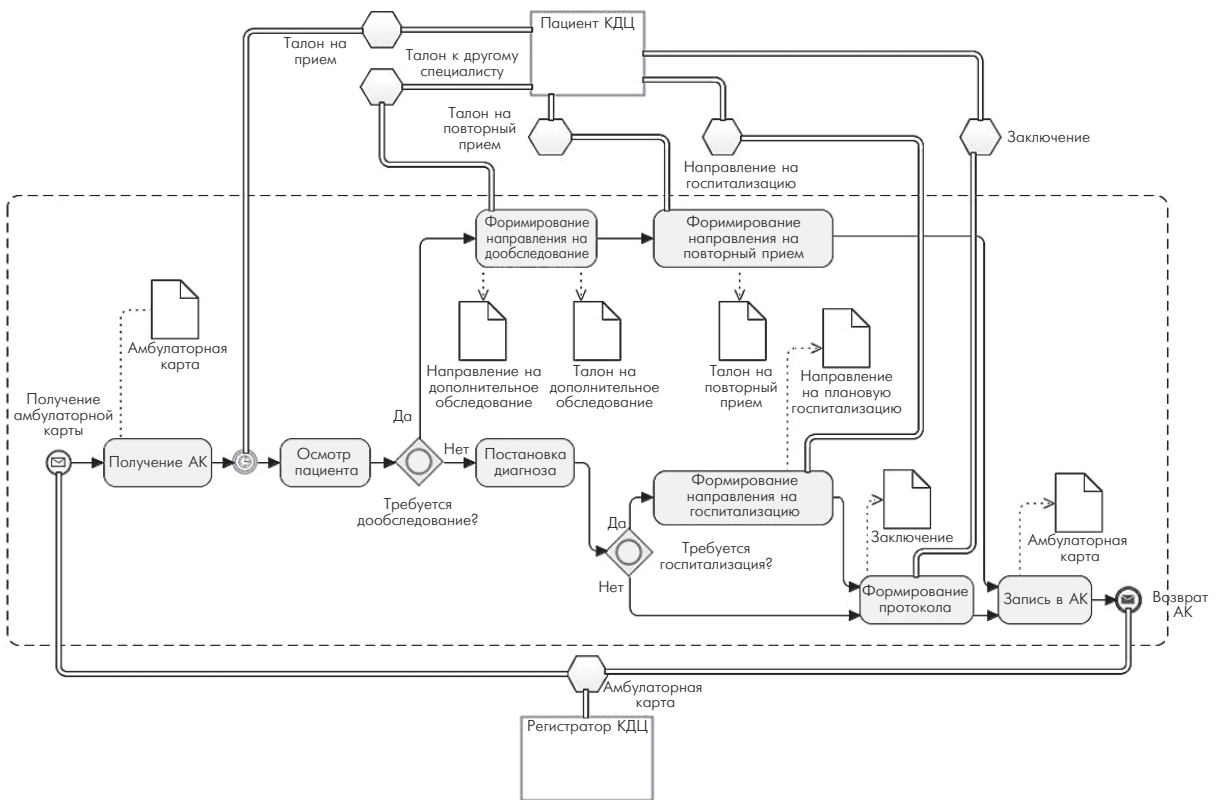


Рис. 5. Пример комбинированной модели BPMN («Соглашения»-«Оркестровка») для БП в КДЦ. Процессы специалистов



ЧТО является начальным узлом и ЧТО – конечным узлом. При этом предполагается, что некоторые узлы могут быть рациональными агентами, так что наши модели позволяют плавный переход от «третьей» к «четвёртой» волне.

Пример модели для консультативно-диагностического центра (далее КДЦ) показан на *рис. 2*. Но модель типа «Соглашения» не показывает какой из путей обхода для каждого из участников является допустимым.

Модели типа «Хореография» уточняют ту информацию, которая описывается моделью типа «Соглашения», путем отображения допустимых путей обхода по графу при движении из заданного начального узла в соответствующий ему конечный узел при выполнении какой-либо из задач, т.е. показывает КТО с КЕМ взаимодействует и последовательность прохода по узлам. Но эта модель не показывает правила «условие-действие» для каждого из участников.

Пример модели «Хореография» при решении задачи «Запись на прием» в КДЦ показан на *рис. 3*.

Модели типа «Оркестровка» показывают, КАК работает РА (один или несколько участников процесса), КОГДА и КАК они взаимодействуют, с ЧЕГО начинают и ЧЕМ заканчивают процесс(ы). Пример модели для регистратуры КДЦ показан на *рис. 4*. Пример комбинации разных типов моделей показан на *рис. 5*.

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Предлагаемая методика моделирования БП (далее Методика) включает несколько этапов, позволяющих ответить на вопросы «ЧТО?», «КАК?», «ГДЕ?», «КТО?», «КОГДА?», «ПОЧЕМУ?» (см., например, [8], [9]):

Предварительный анализ – определение участников процессов или узлов графа;

Анализ бизнес-процессов – определение допустимых для каждого из участников переходов между узлами графа;

Синтез бизнес-процессов – формирование полного графа (узлы и дуги) для бизнес-процессов в организации.

В качестве сквозного примера в настоящей работе рассматривается моделирование бизнес-процессов в КДЦ.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Предварительный анализ является оценочным. На этом этапе имеется ряд участников, которые взаимодействуют между собой. Фактически эти участники представляют собой узлы графа, которые, как указывалось выше, нагружены функциональностью и являются РА. Но на этом этапе функциональность не раскрывается. Результаты предварительного анализа отображаются в виде модели BPMN типа «Соглашения», но без указания информационных связей между участниками процессов (см. *рис. 6*). В процессе анализа БП (см. ниже) уточняется состав участников и, при необходимости, вносятся корректировки в модель, полученную на этапе предварительного анализа.

Рис. 6 показывает, что в результате предварительного анализа получен ответ на вопросы «Кто?» и «Где?», т.е.:

- «Пациент КДЦ» – внешняя по отношению и к МО, и к КДЦ сущность;
- «МО» (или медицинская организация) – сущность, которая содержит в своем составе следующие объекты: «КДЦ МО» и «МИС» (Медицинская Информационная Система);
- «КДЦ МО» – сущность, которая содержит в своем составе следующие объекты: «Регистратор КДЦ», «Врач-консультант», «Врач-диагност».



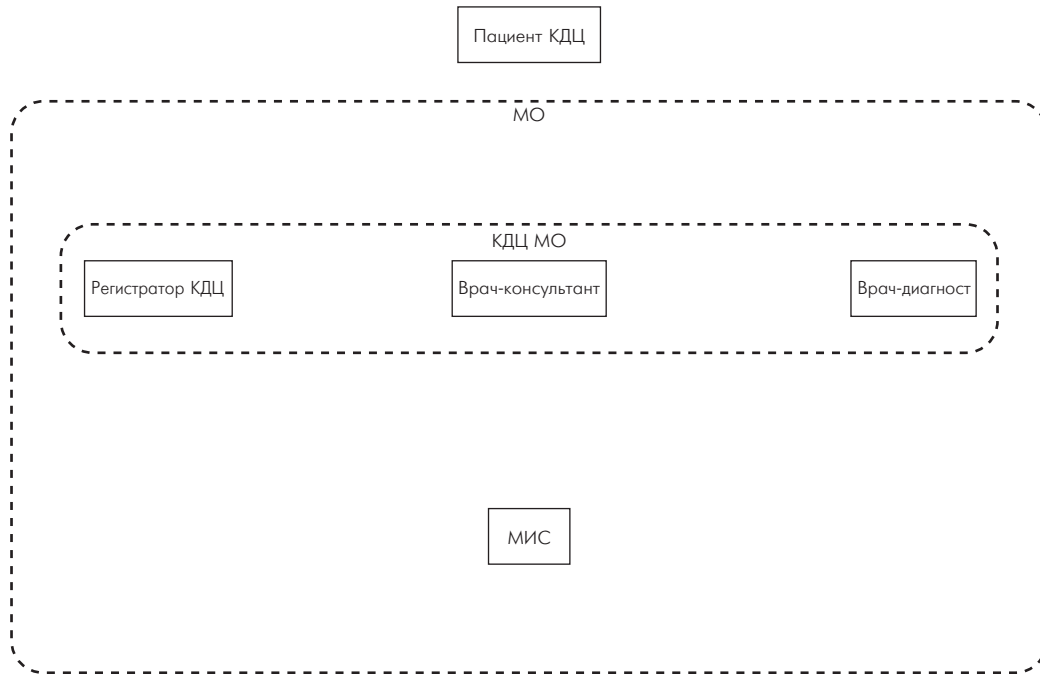


Рис. 6. Результаты предварительного анализа для КДЦ в составе МО

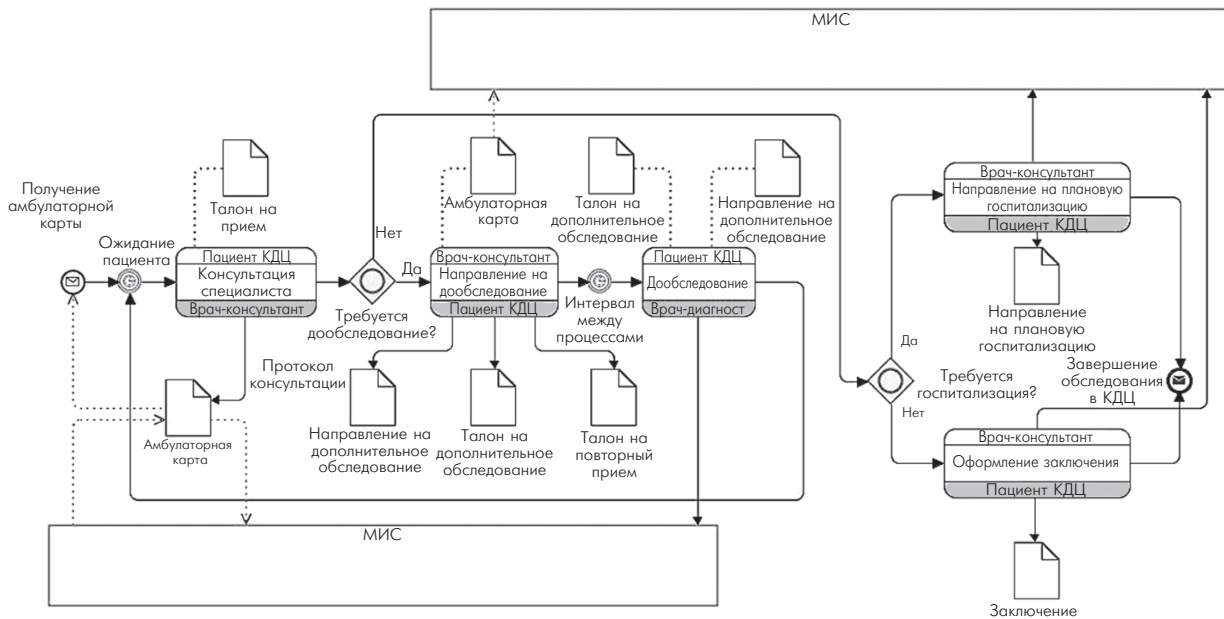


Рис. 7. Обследование в КДЦ (BPMN-модель типа «Хореография»)



АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

На этапе анализа БП необходимо задать вопросы:

- «ЧТО необходимо получить в результате выполнения БП?»;
- «КТО участвует в БП?»;
- «КАК происходят БП?»;
- «КОГДА происходят БП?».

Ответы на эти вопросы отображаются в виде BPMN моделей «Хореография» (см. рис. 3 и рис. 7), которые фактически отображают возможные пути обхода графа с указанием начальных, конечных и промежуточных узлов, а также последовательности их обхода (дуги графа) для каждого из участников. Но модель этого типа также не показывает функциональность, которая подразумевается для каждого из нагруженных узлов.

Рис. 3 дает ответы на следующие вопросы: «ЧТО?» – объект «Пациент КДЦ» получает в конце БП талон(ы) на прием к врачу-консультанту;

«КТО?» – в процессе участвуют два объекта: «Пациент КДЦ» и «Регистратор КДЦ»;

«КАК» – выполняется цепь БП: «Получение документов» -> «Поиск амбулаторной карты» -> проверка условия «Амбулаторная карта найдена?» и в зависимости от результатов выполняются разные цепи БП:

«Амбулаторная карта найдена»:	«Амбулаторная карта не найдена»:
	«Оформление амбулаторной карты»
	«Оформление юридических документов»
«Запись на прием»	

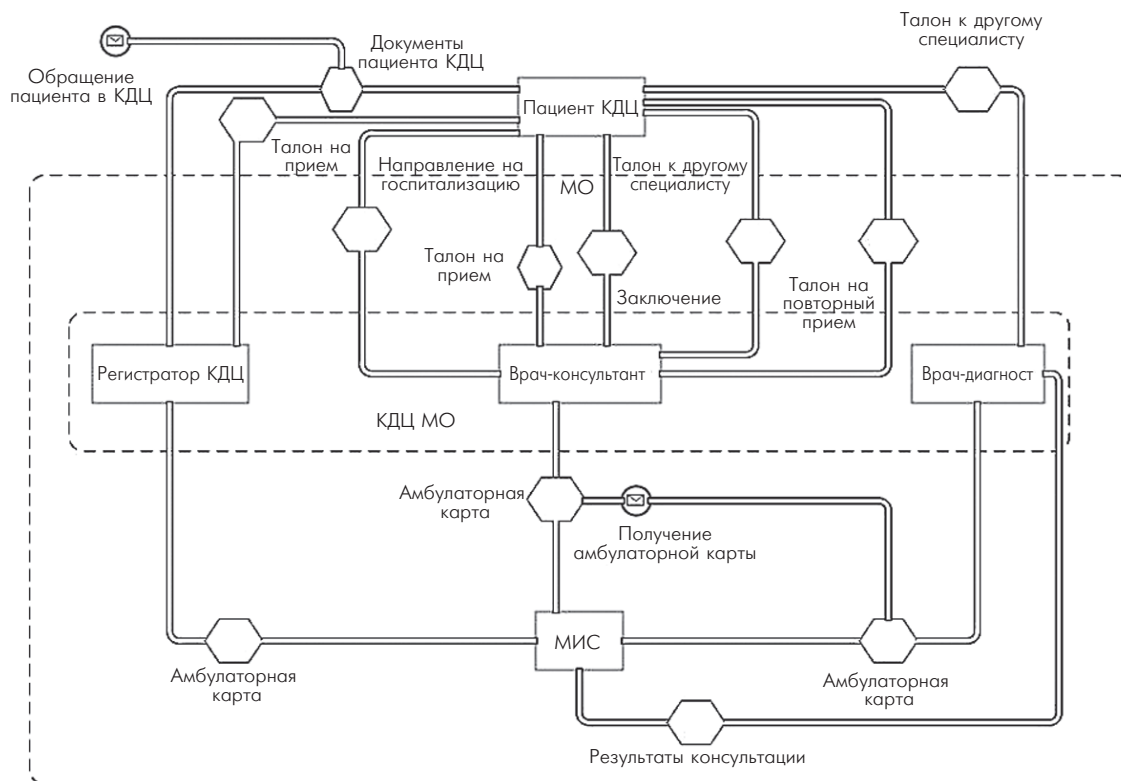


Рис. 8. Результаты синтеза (BPMN-модель типа «Соглашения») или полный граф процессов в КДЦ





-> проверка условия «Нужна запись к другому специалисту?» и в зависимости от результата выполняется повторно БП «Запись на прием» или процессы «Пациент КДЦ»-«Регистратор КДЦ» завершаются;

«КОГДА» – БП начинается при возникновении события «Обращение пациента в КДЦ».

Аналогично можно описать БП, представленные на *рис. 7*.

СИНТЕЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

На этапе синтеза БП выполняется отображение результатов этапа анализа БП на модель типа «Соглашения» в виде путей обхода графа следующим образом:

в модели «Хореография» последовательно просматриваются все подпроцессы и на модели «Соглашения» между участниками подпроцесса проводится линия (дуга графа) в соответствии с нотацией BPMN, т.е. в виде элемента «Информационная связь»;

Элемент «Информационная связь» именуется в соответствии с той информацией, которая передается между участниками;

Если данная информационная связь является инициирующей некоторый обмен информацией (исходит от начального узла для данной дуги), то к соответствующей информационной связи добавляется элемент «Иницилирующее событие обмен информацией событие»;

П.п. 1 ... 3 повторяются для всех моделей типа «Хореография», полученных на этапе анализа БП.

Результаты, полученные на этапах анализа и синтеза БП (см. *рис. 8*), могут быть уточнены и расширены за счет использования других типов моделей BPMN («Оркестровка» (см., например, *рис. 9*) и комбинация разных типов моделей) и, например, эвристических моделей типа «Ролевая модель», а также других моделей.

По существу, такое представление можно было бы назвать детализацией этапов анализа и синтеза БП.

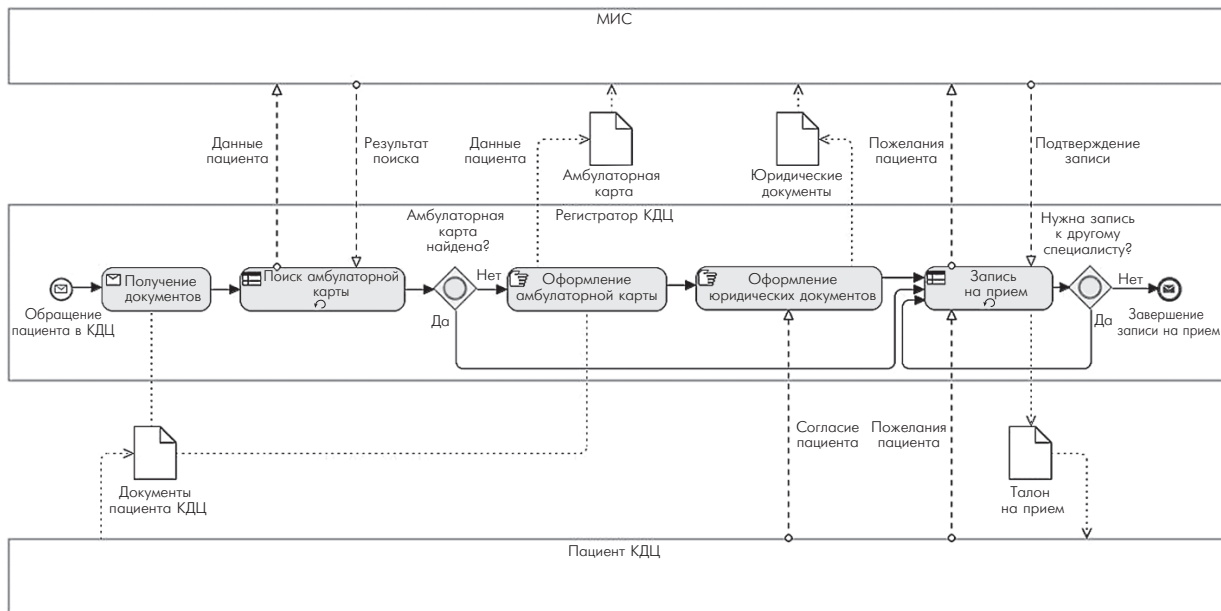


Рис. 9. Детализация БП «Регистратор КДЦ» (BPMN-модель типа «Оркестровка»)



ВЫВОДЫ

Предложенная методика позволяет, как показала практика, минимизировать ошибки при разработке моделей БП в таких сложных предметных областях, как «Медицина и здравоохранение», т.к. в процессе проектирования моделей происходит многократная взаимная проверка моделей разных типов.

Кроме того, формируемые в процессе проектирования модели легко понимают специалисты в области медицины (т.е. непрофессио-

налы в области информационных технологий), что позволяет вести активное обсуждение адекватности разрабатываемых моделей и реальных БП в медицине.

Предложенный подход соответствует тем тенденциям, которые сформировались в области моделирования БП в настоящее время: с одной стороны, формируемые модели соответствуют «третьей волне» в технологии моделирования, а с другой – отражают тенденции «четвертой волны».

ЛИТЕРАТУРА



1. *Белышев Д.В., Гулиев Я.И., Малых В.Л.* Моделирование бизнес-процессов медицинской организации (лечебно-профилактического учреждения). // *Врач и информационные технологии*, № 5, 2014, с. 78–90.
2. *Smith H., Fingar P.* Business Process Management: The Third Wave // – Meghan-Kiffer Press, Tampa, Florida, USA, 2003.
3. *Sinur J., Odell J., Fingar P.* Business Process Management: The Next Wave: Harnessing Complexity with Intelligent Agents // – Meghan-Kiffer Press, Tampa, Florida, USA, 2013.
4. *Чередникова А.В., Землякова И.В.* Введение в теорию графов // – Кострома, КГТУ, 2011.
5. *Stuart Russell and Peter Norvig (2003)* Artificial Intelligence: A Modern Approach, Second Edition, Prentice-Hall, 2003
6. *Непейвода Н.Н., Цветков А.А.* Многоагентный подход к структуризации знаний в неформализуемой предметной области «Здравоохранение и медицина» / Н.Н. Непейвода // – ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ», ТОМ 2, ИЖЕВСК, 6–8 НОЯБРЯ, 2014.
7. *Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0.2* // – Object Management Group, OMG Document Number: formal/2013–12–09, December 2013.
8. *International Standard ISO/IEC19510 «Information technology – Object Management Group Business Process Model and Notation»* // – ISO, IEC, Reference number ISO/IEC19510:2013(E), 2013.
9. *Zachman J.A.* John Zachman’s Concise Definition of the The Zachman Framework. Zachman International. 2008. URL: <http://www.zachmaninternational.com/concise%20definition.pdf>.
10. *Zachman P.* *The Zachman Framework Evolution*. 2009 URL: <https://www.cob.unt.edu/itds/faculty/becker/BCIS5520/Readings/The%20Zachman%20Framework%E2%84%A2%20Evolution.pdf>.