

УДК 519.688: 616 – 07

© В. В. Шаповалов, Ю. М. Шерстюк

## ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СКРИНИРУЮЩЕЙ ДИАГНОСТИКИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Автоматизированные системы профилактических осмотров населения представляют собой информационные системы скринирующей диагностики, основу функционального содержания которых образует соответствующим образом организованное и сформированное информационное и программное обеспечение — совокупность данных и алгоритмов их обработки. Опыт создания и использования систем скринирующей диагностики позволил сформировать формальную модель автоматизированной системы профилактических осмотров населения. Наличие формальной модели дает возможность подойти к созданию автоматизированных систем такого класса как к разработке информационных структур с инвариантным интерпретирующим ядром и совокупностью решающих правил, применяемых к различным наборам первичных медицинских данных и результатам их обработки. Подобный подход позволяет существенно упростить процедуру внесения изменений в решающие правила по результатам эксплуатации системы, а также тиражировать готовые решения на различные контингенты пациентов с минимальными изменениями в программной реализации.

### ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация процессов скринирующей диагностики на базе новых информационных технологий (в основе которых лежит применение средств вычислительной техники для частичного или полного осуществления процессов сбора, хранения, преобразования и передачи информации) предполагает создание и внедрение автоматизированных систем скринирующей диагностики, играющих важнейшую роль в профилактической медицине.

Большой класс автоматизированных систем скринирующей диагностики составляют автоматизированные системы профилактических осмотров населения (АСПОН), предназначенные для комплексной количественной оценки состояния здоровья по совокупности исходных медицинских данных, получаемых в ходе осмотра.

Для теории и практики создания АСПОН важное значение имеет формальная модель подобной системы, которая включает в себя определение основных компонентов и их взаимосвязей с позиций обеспечения решения задач скрининга.

### СОСТАВ ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АСПОН

Структура формальной модели АСПОН, разработанной по результатам многолетнего опыта соз-

дания и эксплуатации семейства АСПОН для различных контингентов, приведена на рис. 1.

Внешними по отношению к АСПОН являются требования  $U$ , определяющие контингент лиц, подлежащих обследованию, периодичность обследований, цель и ведущую функцию системы, нозологическую ориентацию обследования (состав профилей патологии и диагнозов, выделяемых в процессе обследования) и т. д.

Каждая реализация процесса скрининга здоровья осуществляется по отношению к конкретному субъекту  $S$ , который имеет некую идентификацию  $S_{И}$  в окружающем его мире (среде обитания)  $S_{Ж}$  и одним из свойств которого является обладание здоровьем  $S_{З}$ . Таким образом, для каждого субъекта постулируется существование тройки  $(S_{И}, S_{Ж}, S_{З})$ .

Совокупность свойств субъекта  $S$  характеризуется посредством трех групп показателей:

- $P_{И}$  — идентифицирующих субъект  $S$  в АСПОН, и их значений  $X_{И}$ ;
- $P_{Ж}$  — характеризующих условия жизнедеятельности субъекта  $S$ , и их значений  $X_{Ж}$ ;
- $P_{З}$  — характеризующих состояние здоровья субъекта  $S$ , и их значений  $X_{З}$ .

Особенностями всех показателей, входящих в  $P_S = (P_{И}, P_{Ж}, P_{З})$ , являются их полнота и репрезентативность для отображения  $S$  в базу данных системы с позиций решаемой задачи диагностики и возможность получения их значений в результате непосредственного контакта с субъектом  $S$ .

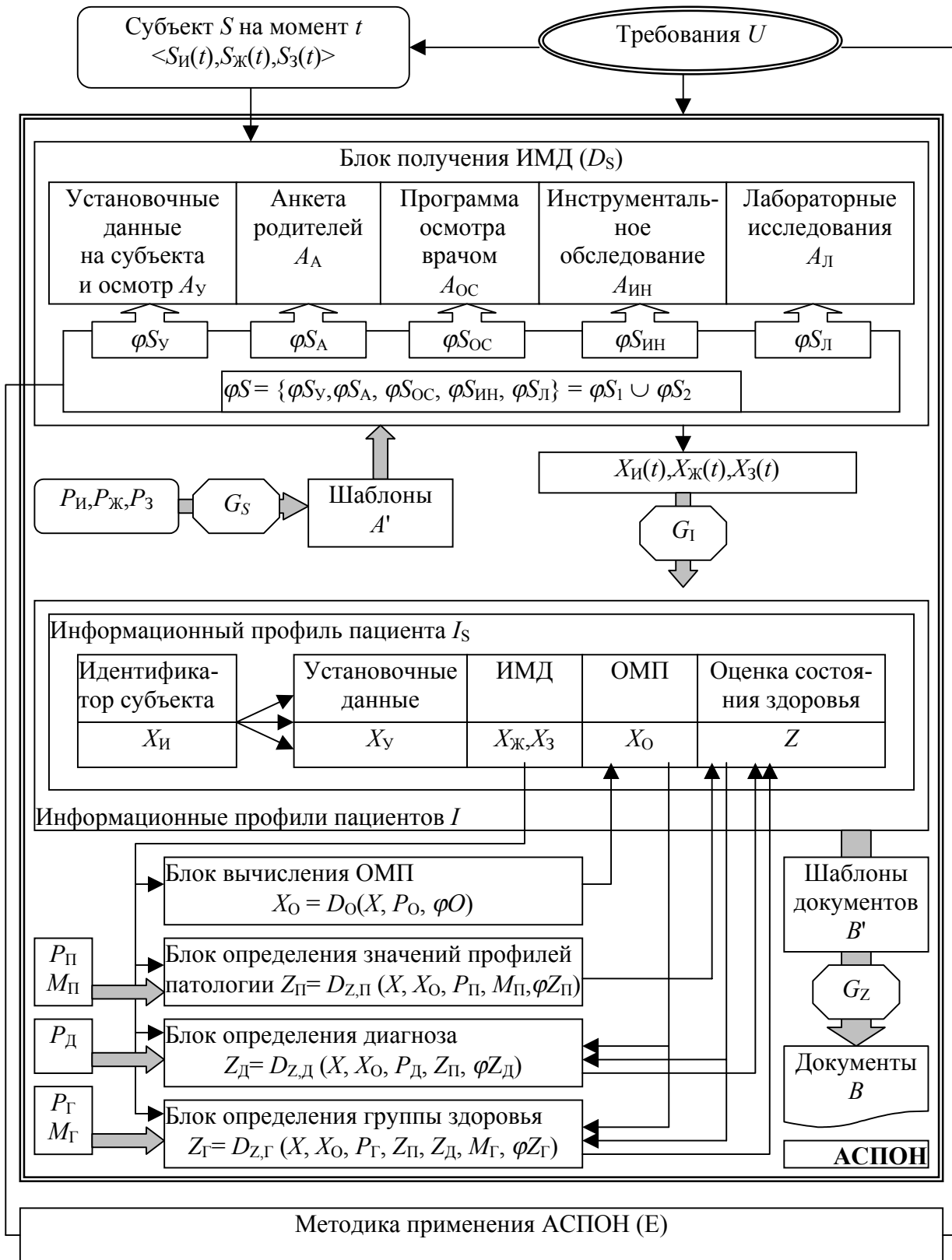


Рис. 1. Структура формальной модели АСПОН

Процесс скринирующей диагностики состоит из трех последовательно выполняемых фаз, каждой из которых соответствуют один или несколько блоков в формальной модели:

- получение исходных медицинских данных (ИМД),
- вычисление обобщенных медицинских показателей (ОМП) и
- определение количественной оценки здоровья.

**БЛОК ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ (ИМД), СТРУКТУРА ДАННЫХ В СИСТЕМЕ**

Под ИМД понимается совокупность значений  $X$  параметров, для получения которых используются следующие информационные компоненты:

- установочные данные на субъекта и проводимый осмотр  $A_y$  (алгоритм их получения  $\varphi S_y$ );
- анкета родителей  $A_A$  (алгоритм  $\varphi S_A$ );
- программа осмотра врачом  $A_{OC}$  (алгоритм  $\varphi S_{OC}$ );
- спецификатор инструментального обследования  $A_{ин}$  (алгоритм  $\varphi S_{ин}$ ) и
- спецификатор лабораторного обследования  $A_{л}$  (алгоритм  $\varphi S_{л}$ ).

Таким образом, ИМД характеризуют свойства морфологического, функционального, электрофизиологического, биохимического и социально-педагогического типов субъекта диагностики.

Структура каждого информационного компонента из множества  $A = \{A_y, A_A, A_{OC}, A_{ин}, A_{л}\}$  определяется шаблоном из множества шаблонов  $A'$ , который задается с помощью отображения

$$G_S: P_S \rightarrow A',$$

а процесс получения ИМД представляет собой заполнение указанных шаблонов сведениями, получаемыми в результате непосредственного контакта с субъектом  $S$ , после чего каждый информационный компонент в  $A$  приобретает вид

$$(\forall i)(A_i = \{(p, x) \mid (p \in G_S(P_S, A')) \wedge (x \in X)\}).$$

Получение ИМД регламентируется методиками и алгоритмами  $\varphi S = \{\varphi S_y, \varphi S_A, \varphi S_{OC}, \varphi S_{ин}, \varphi S_{л}\}$ . В общем случае одна часть  $\varphi S$  реализуется автоматизированно ( $\varphi S_1$ ), а другая — "вручную" ( $\varphi S_2$ ), и описание правил, способов и средств выполнения последних составляет часть методики АСПОН (Е) применения системы.

Предметные данные в АСПОН представляются в виде совокупности информационных профилей всех субъектов, составляющих множество пациентов АСПОН. Каждый профиль содержит статическую часть (значения  $X_{и}$  параметров  $P_{и}$ , идентифицирующих пациента) и динамическую часть, каждый

элемент которой соответствует одному проведенному обследованию. При выполнении первого этапа обследования полученные значения ИМД помещаются в соответствующий раздел динамической части информационного профиля пациента  $I_S$  (а при первичном осмотре — и в статическую часть создаваемого при этом нового для АСПОН информационного профиля). Структура хранения учетных данных и ИМД в информационных профилях пациентов определяется отображением  $G_1$ .

**БЛОКИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ (ОМП) И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ**

На второй фазе процесса диагностики с помощью алгоритмов  $\varphi O$  для параметров  $P_O$ , составляющих ОМП, выполняется вычисление их значений  $X_O$  по текущему содержимому информационного профиля. Это позволяет рассматривать блок вычисления ОМП как блок, реализующий оператор  $D_O: X_O = D_O(X, P_O, \varphi O)$ , где  $X = (X_ж, X_з)$ .

Заключительная третья фаза процесса диагностики предполагает определение количественной оценки состояния здоровья  $Z$ . В оценку здоровья входят:

- заключение  $Z_{п}$  по профилям патологии  $P_{п}$ , вычисляемое блоком  $D_{Z,п}$  как результат выполнения алгоритма  $\varphi Z_{п}$  на множествах определенных ранее значений ( $X_O, X$ ) и известных нормативах состояния здоровья, составляющих "идеальную модель" медицинских показателей ( $M_{п}$ ); алгоритм строит "реальную модель"  $M'_{п}$ , находит величины отклонений  $M'_{п}$  от  $M_{п}$  по перечню  $P_{п}$  и оценки этих отклонений по соответствующим решающим правилам;

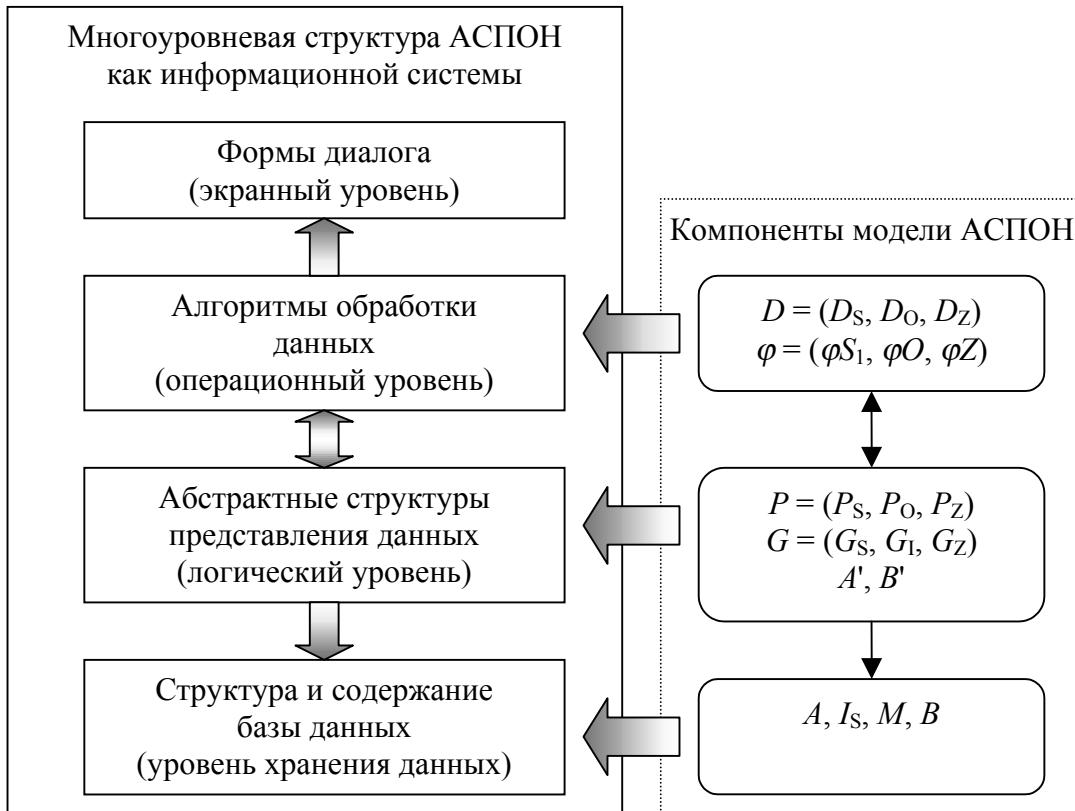
- значение диагноза  $Z_{д}$ , определяемое как результат отображения ( $X, X_O, Z_{п}$ ) на множество возможных диагнозов  $P_{д}$ ; вычисляется алгоритмом  $\varphi Z_{д}$  в блоке  $D_{Z,д}$ ;

- принадлежность субъекта  $S$  к одной из групп здоровья  $P_{г}$ , заданных посредством множества критериев  $M_{г}$ ; принадлежность определяется вычислением результата отображения ( $X, X_O, Z_{п}, Z_{д}$ ) на  $P_{г}$ , выполняемого алгоритмом  $\varphi Z_{г}$  в блоке  $D_{Z,г}$ .

Визуализация результатов проведенных осмотров заключается в формировании отчетных документов, составляющих множество  $B$ , по содержанию профилей пациентов и шаблонам этих документов  $B'$  (данный процесс определяется отображением  $G_Z: I_S \times B' \rightarrow B$ ).

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АСПОН**

Роль компонентов формальной модели в проектировании АСПОН как информационной системы схематично показана на рис. 2:



**Рис. 2.** Схема отображения компонентов модели на уровни структуры информационной системы АСПОН

- реализация операторов  $D = (D_S, D_O, D_{Z,П}, D_{Z,Д}, D_{Z,Г})$  и программно реализуемой части  $\varphi (\varphi_{S_2})$  определяет алгоритмы обработки данных;
- параметры информационного профиля, шаблоны  $A'$  и  $B'$ , а также отображения  $G = (G_S, G_I, G_Z)$  подлежат реализации на логическом уровне информационной системы;
- содержимое информационных профилей, шаблонов и отчетных документов, моделей и информационных компонентов подлежит хранению в информационной базе, реализуемой в АСПОН как база данных.

Следовательно, проектирование АСПОН как информационной системы должно осуществляться в два этапа:

- 1) проектирование операционного и логического уровней, определяемых содержимым указанных на рис. 2 компонентов модели АСПОН;
- 2) проектирование экранного уровня и уровня хранения данных как производных от предыдущих уровней, причем в реализации этих уровней разработчики свободны в своих решениях относительно способов и средств их реализации (выбор системы

управления базой данных, дизайн форм диалога и т.д.).

В свою очередь, выполнению перечисленных этапов проектирования должны предшествовать формирование содержания и разработка описаний  $D, \varphi, P, G, A'$  и  $B'$ , а завершение создания АСПОН должно сопровождаться разработкой методики АСПОН (Е).

Наличие описанной выше формальной модели дает возможность подойти к созданию автоматизированных систем такого класса как к разработке информационных структур с инвариантной структурой. Подобный подход позволяет существенно упростить процедуру внесения изменений в решающие правила по результатам эксплуатации, а также тиражировать готовые решения на различные контингенты пациентов с минимальными изменениями в программной реализации.

#### ПРИМЕРЫ СОЗДАНЫХ СИСТЕМ

Описанные выше формальная модель и подход к построению АСПОН были использованы при соз-

дании семейства следующих систем скринирующей диагностики детей АСПОН-Д.

*Автоматизированная система профилактических осмотров детей от 3 до 15 лет (АСПОН-Дт).* Эта система, первая в ряду систем АСПОН-Д, разрабатывалась для автоматизации процесса диспансеризации детей. Впоследствии в связи с изменением ситуации в детском здравоохранении она совершенствовалась и модернизировалась в соответствии с требованиями медицинских пользователей и соответствующих приказов МЗ РФ. АСПОН-Дт предназначена для раннего выявления отклонений в здоровье детей от 3 до 15 лет по 24 профилям патологии с выработкой заключения о состоянии здоровья, рекомендаций по дообследованию, формированием базы данных, списков и аналитических документов различного назначения, контролем дальнейшей лечебной или профилактической работы с ребенком и т.д.

На сегодня стационарный вариант АСПОН-Дт широко применяется для осмотров в детских поликлиниках, а в ряде случаев — в учебных учреждениях. Переносной вариант системы (менее 10 кг) используется врачами для выездных осмотров в сельских районах. Медицинская эффективность системы АСПОН-Дт, подтвержденная Государственными испытаниями и многолетней работой, составляет порядка 90%.

*Автоматизированная система профилактических осмотров подростков от 11.5 до 18.5 лет (АСПОН-Дт-П).* Цели и задачи, решаемые системой АСПОН-Дт-П, аналогичны таковым для АСПОН-Дт. Однако АСПОН-Дт-П имеет ряд особенностей, связанных со спецификой профилактических осмотров подростковых контингентов допризывных и призывных возрастов.

База данных дает возможность сбора и много-

параметрического анализа информации о здоровье подростковых контингентов.

*Автоматизированная система профилактических осмотров детей раннего возраста от 1 недели до 3 лет (АСПОН-РВ).* Она предназначена для эффективного профилактического обследования детей по 32 профилям.

Кроме того, оценивается возможное в будущем возникновение ограничений жизнедеятельности, ургентность состояния, возможное ВИЧ-инфицирование, риск пароксизмальных жизнеугрожающих состояний. Предусмотрена оценка зрелости новорожденных и нервно-психического их развития, а также оценки социального и перинатального рисков.

Заключения о состоянии здоровья — в зависимости от цели обследования — могут быть получены по всему комплексу обследования или по отдельности: только по анамнезу, только по врачебному обследованию, с использованием инструментальных методик и без них. Во всех случаях объем заключений остается неизменным, меняется лишь глубина и надежность.

В заключение авторы отмечают огромную роль в создании АСПОН всех модификаций, передаче медицинских знаний их обучающимся программам и практическом их внедрении руководителя разработки медицинского обеспечения, заслуженного деятеля науки России, лауреата премии Совмина СССР, доктора медицинских наук, профессора И.М. Воронцова и руководимого им коллектива.

*Военный университет связи, Санкт-Петербург*

Материал поступил в редакцию 16.04.2001.

## FORMAL MODEL OF AN AUTOMATED MEDICAL SCREENING DIAGNOSTIC SYSTEM

V. V. Shapovalov, Yu. M. Sherstyuk

*Military University of Communication, Saint-Petersburg*

The automated systems for prophylactic health examination represent screening diagnostic information systems whose functionality is based on appropriately organized and formed information and software support — a data set and data processing algorithms. The experience in the development and use of screening diagnostic systems has allowed us to build a formal model of an automated prophylactic health examination system. Using the formal model the problem of development of automated systems of such type can be reduced to that of synthesis of information structures with an invariant interpretation kernel and a set of decision rules applied to various sets of primary medical data and data processing results. This approach allows one to essentially simplify decision rule modification based on the results of the system operation practice and also to apply the obtained decision rules to different contingents of patients with minor changes in software.